CCME

Canadian Council of Ministers of the Environment
Le conseil canadien des ministres de l'environnement

# DIRECTIVES NATIONALES RELATIVES AU TRAITMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE DES DÉCHETS DANGEREUX

**CCME-TRE-27F**
**Août 1989**

92-02724/

# Directives nationales relatives au traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux

Le conseil canadien des ministres de l'environnement

CCME-TRE-27F
Août 1989

**Informations et commentaires :**

Si vous avez besoin de renseignements ou si vous désirez faire des commentaires sur ce rapport, veuillez écrire à l'adresse suivante :

Alberta Environment
Environmental Protection Services
Wastes and Chemicals Division
9820 – 106 Street, 5th Floor
Edmonton, Alberta
T5K 2J6

This report is also published in English under the title "National Guidelines on Physical-Chemical-Biological Treatment of Hazardous Waste."

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce rapport, veuillez vous adresser au ministère provincial de l'Environnement.

Préparé pour :
Alberta Environment

Préparé par :
SKM Consulting Ltd.

## TABLE DES MATIÉRES


TABLE DES MATIÉRES i

PRÉFACE iv

RÉSUMÉ DES DIRECTIVES RECOMMANDÉES v

1.0 INTRODUCTION 1.1

1.1 Points traités dans le document 1.1

1.2 Objectif du document 1.1

1.3 Approche utilisée pour l'élaboration du document 1.1
1.3.1 Types de directives 1.1
1.3.2 Limites et normes fondées sur les techniques disponibles 1.3
1.3.2 Techniques utilisées par la EPA aux États-Unis 1.3
1.3.4 Polluants réglementés par la EPA aux États-Unis 1.5

2.0 EXAMEN DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE 2.1

2.1 Traitement physico-chimique 2.1
2.1.1 Généralités 2.1
2.1.2 Oxydation 2.2
2.1.3 Réduction 2.2
2.1.4 Neutralisation et précipitation 2.3
2.1.5 Séparation par gravité 2.4
2.1.6 Filtration sous pression 2.5
2.1.7 Solidification/stabilisation 2.5
2.1.8 Épuration des gaz évacués 2.6
2.1.9 Réactifs chimiques utilisés 2.7

2.2 Traitement biologique 2.8
2.2.1 Généralités 2.8
2.2.2 Boues activées 2.9
2.2.3 Boues activées avec charbon actif pulvérulent 2.12
2.2.4 Réacteurs séquentiels discontinus 2.12
2.2.5 Lit bactérien 2.12
2.2.6 Disques biologiques rotatifs 2.13
2.2.7 Lit fluidisé 2.13
2.2.8 Étangs aérés/étangs de stabilisation 2.13
2.2.9 Digestion anaérobie 2.14
2.2.10 Digestion aérobie 2.14
2.2.11 Compostage 2.14
2.2.12 Épandage sur le sol 2.15

2.3 Pratiques actuelles 2.15

3.0 EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT 3.1

3.1 Généralités 3.1

3.2 Traitement physico-chimique 3.2

3.3 Traitement biologique 3.6

4.0 RISQUES DE FONCTIONNEMENT 4.1

4.1 Risques liés aux traitements physico-chimiques 4.1
4.1.1 Risques pour l'environnement 4.1
4.1.2 Risques pour la santé humaine 4.3

4.2 Risques liés aux traitements biologiques 4.6
4.2.1 Risques pour l'environnement 4.6
4.2.2 Risques pour la santé 4.6

5.0 SÉLECTION DU SITE 5.1

5.1 Critères économiques 5.1

5.2 Cartographie thématique 5.1
5.2.1 Facteurs physiques 5.2
5.2.2 Facteurs biologiques 5.2
5.2.3 Facteurs liés à l'utilisation du sol 5.2
5.2.4 Facteurs influant sur l'environnement humain 5.2

5.3 Critères liés à l'acceptation par le public 5.3

6.0 SUIVI 6.1

6.1 Suivi de l'exploitation 6.1
6.1.1 Traitement physico-chimique 6.1
6.1.2 Traitement biologique 6.1

6.2 Suivi environnemental 6.1

6.3 Contrôle à la source 6.2

7.0 CRITÈRES RELATIFS AUX EFFLUENTS 7.1

7.1 Rejet des effluents liquides 7.1
7.1.1 Contaminants inorganiques 7.1
7.1.2 Contaminants organiques 7.6
7.1.3 Critères actuels applicables aux effluents liquides 7.7

7.2 Élimination des déchets solides 7.8

7.3 Émissions atmosphériques 7.9

7.4 Rejet zéro 7.13

8.0 PLANIFICATION DES MESURES D'URGENCE 8.1

8.1 Protection contre les incendies 8.1

8.2 Intervention en cas de déversements 8.1

9.0 DÉCLASSEMENT 9.1

9.1 Nettoyage et décontamination 9.1

9.2 Démantèlement et démolition 9.1

9.3 Restauration du site 9.2

ANNEXE A — SCHÉMAS DE TRAITEMENT ET BILANS MATIÈRES TYPIQUES A-1

ANNEXE B — CONCEPTION ET EXPLOITATION B-1

ANNEXE C — BIBLIOGRAPHIE C-1

ANNEXE D — PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE D-1

## PRÉFACE

Le présent document s'inscrit dans le cadre du Plan d'action sur les déchets dangereux annoncé en mars 1987 par le conseil canadien des ministres de l'environnement. Le Plan d'action commande l'élaboration de directives nationales relatives à l'incinération, au traitement physico-chimico-biologique et à l'enfouissement des déchets dangereux, en vue de protéger l'environnement naturel et la santé publique. Le présent document définit les directives en matière de traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux.

Ce document, destiné aux autorités provinciales et fédérales, définit les normes fondamentales de conception, d'exploitation et de rendement applicables aux installations de traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux. Il définit également un cadre pour l'élaboration des principes, des méthodes et des normes minimales qui devraient permettre de réduire au minimum les risques pour la santé publique et l'environnement résultant du traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux.

Les sections 1.0 et 2.0 présentent un aperçu des procédés courants utilisés pour le traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux, ainsi que des diverses approches pouvant servir à l'élaboration des directives applicables à ces installations au Canada. D'autres sections traitent de l'efficacité des procédés de traitement et des niveaux de traitement pouvant être atteints.

Enfin, d'autres sections passent en revue et recommandent des directives relatives aux risques de fonctionnement, à la sélection des sites, à la planification d'urgence et au déclassement. Le reste du présent chapitre offre un résumé de toutes les directives énoncées dans le document. Enfin, l'annexe C présente une liste des références bibliographiques consultées.

## RÉSUMÉ DES DIRECTIVES RECOMMANDÉES

Voici un résumé de toutes les directives qui figurent dans le présent document. Nous invitons les lecteurs qui désirent obtenir plus de détails sur une directive en particulier à consulter la section de référence appropriée.

### SECTION 1.0 INTRODUCTION

**1-1** **Le traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux doit être le complet possible et se faire en utilisant la meilleure technique disponible, de manière à réduire au minimum les risques pour la santé publique et l'environnement.**

### SECTION 2.0 EXAMEN DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE

**2-1** **Une des philosophies-clés qui doit sous-tendre la conception des centres de traitement physico-chimico-biologique doit préconiser une utilisation maximale des procédés discontinus, afin de pouvoir exercer un contrôle maximal et d'assurer une efficacité optimale de chaque étape de la chaîne de traitement.**

**2-2** **Il faut donner la préférence aux techniques et aux procédés qui produisent la plus faible quantité de résidus et qui peuvent favorisent une détoxication et une concentration maximales des contaminants résiduels issus des déchets. La préférence doit également aller aux techniques dont les résidus :**

- **nécessitent un traitement ultérieur minimal avant l'élimination;**
- **se prêtent le mieux à un traitement ultérieur;**
- **peuvent facilement être rendus physiquement et chimiquement inertes par solidification, avant l'enfouissement.**

### SECTION 3.0 EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

**3-1** **Afin d'obtenir un rendement d'épuration élevé, il importe d'assortir avec soin les déchets à traiter aux procédés de traitement physico-chimico-biologique et de procéder à des essais pilotes pour déterminer les conditions d'exploitation optimales.**

**3-2** **Un schéma de traitement bien précis doit être établi avant l'arrivée des cuvées de déchets au centre de traitement physico-chimico-biologique. Une fois le traitement optimal défini, le même traitement peut ensuite être appliqué aux cuvées successives de déchets provenant du même générateur. Des essais de traitabilité supplémentaires ne devront être effectués que si l'analyse de caractérisation révèle des changements dans les propriétés des déchets.**

## SECTION 4.0 RISQUES LIÉS AU FONCTIONNEMENT

4-1 Tous les procédés de stockage des déchets et des réactifs et tous les procédés de traitement à l'intérieur du centre de traitement physico-chimico-biologique doivent se dérouler dans des réservoirs entièrement fermés et ventilés. Par ailleurs, toute émission gazeuse doit être traitée avant d'être rejetée dans l'atmosphère.

4-2 Les cuves de stockage et les réservoirs de réaction doivent être maintenus à une pression légèrement négative pour éviter que des émissions gazeuses fugitives ne s'échappent à l'intérieur du bâtiment.

4-3 Chaque cuve de stockage et réservoir de réaction doit être muni à sa base d'un rebord pour contenir tout déversement ou débordement accidentel. La capacité de ce rebord doit être égale au contenu total du réservoir.

4-4 Des douches oculaires et des appareils respiratoires d'urgence doivent être placés aux endroits stratégiques à l'intérieur de la station de traitement.

4-5 S'assurer qu'aucun produit contaminé ne soit propagé accidentellement hors des aires de fonctionnement du centre de traitement physico-chimico-biologique. Exiger que les employés changent leurs vêtements de travail quotidiennement.

## SECTION 5.0 SÉLECTION DU SITE

5-1 La sélection du site doit se faire en tenant compte des critères géotechniques, des répercussions biologiques et socio-économiques du projet, de son impact sur l'utilisation du sol, des facteurs humains et environnementaux en cause, ainsi que des utilisations antérieures, actuelles et potentielles du site.

5-2 Dès les premières phases du processus de sélection du site, un mécanisme comme la cartographie thématique doit être utilisé pour justifier l'exclusion ou le rejet des sites proposés. Ce processus doit également servir à l'évaluation comparative détaillée des différents sites retenus.

5-3 Une démarche par étapes doit être utilisée pour obtenir la participation du public et sensibiliser ce dernier sur la nécessité du centre de traitement, en lui donnant l'assurance que ni les valeurs publiques, ni la qualité de l'environnement, n'en souffriront.

## SECTION 6.0 SUIVI DE L'EXPLOITATION

6-1 Le procédé de traitement des déchets doit être établi sur la base des résultats de l'échantillonnage et des essais de traitabilité, avant le début du processus de traitement physico-chimico-biologique.

6-2 **Des analyses de contrôle de la qualité doivent être effectuées durant tout le processus de traitement pour s'assurer que celui-ci se déroule comme prévu.**

6-3 **Des analyses de contrôle de la qualité doivent être effectuées après le traitement pour s'assurer que l'effluent traité satisfait aux normes prescrites.**

6-4 **Tous les employés du centre de traitement physico-chimico-biologique doivent subir un examen médical préalable à l'embauche, ainsi que des examens médicaux réguliers par la suite.**

6-5 **En plus du programme habituel de contrôle à la source, un programme d'assurance de la qualité doit également être mis en oeuvre, de préférence par un laboratoire indépendant.**

## SECTION 7.0 CRITÈRES RELATIFS AUX EFFLUENTS

7-1 **Il doit être interdit de procéder à la dilution ou au mélange des résidus ou des effluents de déchets dangereux dans le seul but d'atteindre les limites de concentrations prescrites.**

7-2 **Les critères d'effluents réalisables ont été déterminés pour un certain nombre de paramètres organiques et inorganiques d'importance. Il y a lieu toutefois de souligner que ces données varient considérablement suivant le mode de traitement, le type de déchets et la concentration de contaminants dans l'influent. Les normes d'effluent recommandées aux tableaux 7-6 et 7-7 devraient offrir une protection suffisante de l'environnement. Compte tenu du vaste nombre de composés organiques, il est difficile de fixer des critères d'effluents pour tous les déchets et composés. L'annexe D résume les niveaux de traitement d'un grand nombre de composés organiques et peut être utilisé, conjointement avec les tableaux 7-3 et 7-5, comme outil de référence sommaire pour des composés organiques précis, une fois les caractéristiques particulières des déchets connues.**

**TABLEAU 7-6**

**NORMES D'EFFLUENT RECOMMANDÉES POUR UN CENTRE DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE**

(Paramètres organiques et inorganiques)

| Paramètre | Concentration maximale ou intervalle en (mg/L) sauf indication contraire |
|---|---|
| **Physique** | |
| pH | 6,5 à 8,5 |
| Température | 32 °C |
| Matières en suspension | 15 |
| Seuil de toxicité (dosage biologique) | 100 % effluent |
| **Inorganique** | |
| Aluminium, dissous | 0,1 |
| Ammoniac, dissous ( N) | 1,0 |
| Antimoine, dissous | 0,25 |
| Arsenic, dissous | 0,1 |
| Baryum, dissous | 1,0 |
| Bore, dissous | 10,0 |
| Cadmium, dissous | 0,1 |
| Chrome, dissous (hexavalent) | 0,1 |
| Chrome, total | 0,5 |
| Cobalt, dissous | 0,1 |
| Cuivre, dissous | 0,1 |
| Cyanures (HCN) | 0,1 |
| Étain, dissous | 0,5 |
| Fluor, dissous | 15,0 |
| Manganèse, dissous | 0,5 |
| Mercure, total | 0,001 |
| Molybdène, dissous | 0,5 |
| Nickel, dissous | 0,5 |
| Plomb, dissous | 0,1 |
| Sélénium, dissous | 0,05 |
| Zinc, dissous | 0,2 |

Source : B.C. Ministry of Environment and Parks, "Special Waste Regulation," mars 1988

7-3 **Les mesures décrites ci-après devraient, dans la mesure du possible, être incluses dans la conception des stations de traitement.**

- **Voir à ce que le déchargement des déchets se fasse directement des camions-citernes aux cuves de stockage, par le biais de canalisations interconnectées étanches, afin d'éviter toute émission de vapeurs.**

**TABLEAU 7-7**

**NORMES D'EFFLUENT RECOMMANDÉES POUR CENTRES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE**

(Composé organiques choisis)

| Paramètre | Concentration maximale ou intervalle en (mg/L) sauf indication contraire |
|---|---|
| **Composés organiques** | |
| Demande biochimique d'oxygène 5 jours | 20 |
| Huiles | 10 |
| Phénol | 0,02 |
| Biphényles polychlorés totaux | 0,005 |
| Polychlorodibenzo furanes, totaux | 30 ng/L |
| Polychlorodibenzo-p-dioxines, totaux | 30 ng/L |
| Organohalogénés totaux | 0,5 |
| Aldrine | $6 \times 10^{-5}$ |
| Lindane | $6 \times 10^{-6}$ |
| Chlorure de méthylène | 0,5 |
| Tétrachlorure de carbone | 0,013 |
| Trichloroéthylène | 0,025 |
| Chloroforme | 0,006 |
| Bis (2-chloroéthyl) éther | 0,1 |
| Benzène | 0,015 |
| Hexachlorobenzène | $5 \times 10^{-4}$ |
| Acénaphtène | 0,012 |
| Benzo (k) fluroanthène | 0,001 |
| Phtalate de butyl-benzyle | $6 \times 10^{-4}$ |
| Acrylonitrite | 0,20 |
| Trichloro-2,4,6 phénol | 0,002 |
| Chloro-2 phénol | 0,002 |

Source : Shuckrow et al., 1981
U.S. EPA, "Hazardous Waste Treatment Technology," EPA/600/D-86/006, 1986

- **Voir à l'installation de systèmes de ventilation sur tous les bassins de réception, cuves de stockage et bassins de mélange pour capter toute émanation de vapeurs. Des systèmes d'épuration comme les dispositifs d'adsorption sur charbon actif ou des épurateurs doivent également être installés pour nettoyer l'air avant son rejet dans l'atmosphère. Autre possibilité, l'air peut être acheminé vers un incinérateur, advenant l'existence d'un telle installation.**

- **Traiter les déchets à l'intérieur de réservoirs fermés munis de systèmes d'aération ou d'épuration.**

- Réduire au minimum les transferts de déchets et de réactifs et voir à ce que le traitement se fasse le plus près possible des lieux de stockage des réactifs et des sites d'élimination finale des déchets.
- Contenir ou réduire au minimum les émissions de particules générées par les processus de solidification/stabilisation et de mise en décharge. Dans la mesure du possible, transférer les solides sous forme de boues pour éliminer les émissions de poussières.
- Porter une attention particulière aux secteurs d'activités où des erreurs humaines pourraient provoquer la production d'émissions toxiques. Ces activités devraient se dérouler dans des endroits fermés équipés d'un dispositif d'épuration des gaz évacués.
- Voir à l'établissement et au maintien de bonnes pratiques d'exploitation et d'entretien, afin d'éviter les fuites et les déversements et d'assurer le bon fonctionnement des systèmes de ventilation.

## SECTION 8.0 PLANIFICATION DES MESURES D'URGENCE

8-1 Établir un plan d'urgence complet pour le centre de traitement physico-chimico-biologique. Ce plan, préparé en consultation avec les services provinciaux et locaux de protection civile, doit inclure tout incident prévisible réaliste susceptible de se produire. Tous les employés doivent en prendre connaissance et l'étudier.

8-2 Le plan d'urgence doit être revu et modifié régulièrement, en tenant compte des changements apportés au personnel, aux mesures d'intervention, aux techniques ou à l'équipement d'intervention.

8-3 Tous les employés du centre de traitement physico-chimico-biologique doivent suivre régulièrement des programmes de formation complets. Ces programmes doivent s'adresser également au personnel des services d'intervention d'urgence de la région.

## SECTION 9.0 DÉCLASSEMENT

9-1 Le plan de déclassement du centre de traitement physico-chimico-biologique doit être élaboré dès la phase initiale de planification et de conception. Ce plan doit en outre être mis à jour au besoin, advenant des modifications dans la conception des installations ou leur mode d'exploitation.

9-2 Le propriétaire ou l'exploitant du centre de traitement physico-chimico-biologique est tenu de fermer la station de manière à :
- réduire au minimum les besoins d'entretien ultérieurs,
- empêcher la fuite de tout contaminant dangereux dans l'environnement.

9-3 Après le déclassement de l'installation, tout l'équipement et toutes les structures qui y ont été utilisés doivent être décontaminés ou démantelés et éliminés de façon sécuritaire.

9-4 **Le plan de déclassement doit inclure une description des activités requises après la fermeture définitive du site. Ces activités doivent prévoir notamment :**

- **le maintien de l'intégrité fonctionnelle du site,**
- **le maintien des systèmes de surveillance,**
- **la protection et le maintien des repères environnementaux ou expérimentaux,**
- **le contrôle de l'accès au site conformément à l'utilisation approuvée après déclassement.**

## 1.0 INTRODUCTION

La Direction générale des déchets industriels (Industrial Waste Branch) du ministère de l'Environnement de l'Alberta coordonne actuellement l'élaboration de directives nationales sur le traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux, conformément à l'alinéa 2.1 b) du Plan d'action sur les déchets dangereux adopté par le conseil canadien des ministres de l'environnement.

### 1.1 Points traités dans le document

Voici un aperçu des sujets traités dans le présent document :

- revue des exigences réglementaires et des critères d'effluent adoptés par diverses autorités en matière de traitement physico-chimico-biologique;
- examen des procédés de traitement physico-chimico-biologique;
- sélection du site;
- critères recommandés relativement à la conception et à l'exploitation des centres de traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux;
- exigences relatives au suivi de l'exploitation, au suivi environnemental et au contrôle à la source;
- approche recommandée pour la réglementation des émissions liquides, solides et gazeuses;
- planification d'urgence;
- techniques de déclassement recommandées

### 1.2 Objectif du document

Le présent document, destiné aux autorités provinciales et fédérales, constitue un outil de référence sur les normes fondamentales relatives à la conception, à l'exploitation et au rendement des centres de traitement physico-chimico-biologique de déchets dangereux.

Il présente un aperçu de divers procédés de traitement physico-chimico-biologique et fournit, en annexes, une description plus détaillée des installations typiques. Ce rapport ne vise cependant pas à présenter un examen complet des techniques les plus perfectionnées dans le domaine, ces renseignements pouvant être obtenus en consultant les nombreux ouvrages de référence cités dans la bibliographie.

### 1.3 Approche utilisée pour l'élaboration du document

#### 1.3.1 Types de directives

Avant d'élaborer les directives nationales qui régiront les stations de traitement physico-chimico-biologique, il importe d'examiner les différents types de directives qui peuvent s'appliquer aux effluents. Ces directives se répartissent généralement en trois catégories, soit :

*Directives relatives à la conception et l'exploitation*

- ces directives précisent quels appareils, pratiques, méthodes, etc. devront être inclus dans la conception et l'exploitation de la station.

*Directives relatives au rendement*

- précisent le niveau de rendement (il s'agit habituellement du niveau de traitement) à atteindre.

*Directives en matière d'évaluation des risques*

- précisent le niveau de risques pour la santé humaine et l'environnement que doit respecter l'établissement.

Les **directives relatives à la conception et l'exploitation** pourraient stipuler par exemple que "tous les réservoirs de traitement, y compris ceux situés à l'intérieur du centre de traitement physico-chimico-biologique, doivent être isolés séparément par un fossé."

Ces directives sont relativement simples et faciles à comprendre. Elles sont destinées aux propriétaires, concepteurs et organismes de réglementation des centres de traitement qui doivent les appliquer, chacun selon leur mandat propre; elles sont en outre relativement faciles à interpréter et à mettre en application.

Cependant, les **normes** de conception et d'exploitation nuisent également à l'innovation technologique et à la mise au point de nouvelles techniques. Elles sont en effet inflexibles et, appliquées à des systèmes donnant un rendement satisfaisant, elles peuvent engendrer des conditions inadéquates ou non rentables.

Les **directives relatives au rendement** se répartissent comme suit :

*Rendement technique*

- directives stipulant que le centre de traitement physico-chimico-biologique doit satisfaire à certaines exigences. Citons comme exemple une directive exigeant l'élimination de 90 % de la demande biochimique d'oxygène.

*Normes d'effluents*

- directives précisant le niveau de traitement des effluents à atteindre; ces directives peuvent préciser par exemple la concentration maximale d'un contaminant donné dans l'effluent.

*Rendement environnemental*

- directives qui précisent la concentration maximale admissible de contaminants dans l'environnement ambiant.

Enfin, les directives relatives à **l'évaluation des risques** sont établies en tenant compte des risques que présente l'établissement concerné, ainsi que des dangers inhérents pour la santé publique et l'environnement.

### 1.3.2 Limites et normes fondées sur les techniques existantes

Les limites et les normes relatives aux effluents précisent les quantités maximales de substances qui peuvent être rejetées directement dans les cours d'eau publics (déversements directs) ou indirectement dans les réseaux d'égout publics (déversements indirects). Ces limites, qui sont fondées sur le traitement ou l'élimination des substances en question, sont déterminées à

partir du rendement des techniques disponibles et, dans certains cas, de modifications apportées aux procédés de traitement. Des limites plus sévères peuvent également être imposées à un site particulier, sur la base de la qualité de l'eau du milieu récepteur.

La détermination des limites d'effluent précises nécessite une évaluation détaillée des rejets d'eaux usées et des effluents traités, qui porte par exemple sur les sources d'eaux usées et leur volume, sur les procédés de traitement et sur les sources et les types de polluants à traiter.

Ces évaluations permettent de définir différents procédés de contrôle et de traitement possibles, d'en évaluer les coûts (coûts en capital et coûts annuels) et de déterminer le pourcentage d'élimination des polluants. Bien que ces limites n'exigent pas nécessairement l'adoption d'une technique en particulier, elles exigent cependant, de la part des établissements concernés, le respect des normes d'effluent prescrites, lesquelles sont fondées sur l'application appropriée des techniques à partir desquelles ont été fixées ces limites, sur la base des données de rendement recueillies.

### 1.3.3 Types de techniques utilisés par la EPA aux États-Unis

Il ne fait pas de doute que les études menées par la EPA aux États-Unis sur les différentes catégories de techniques pouvant servir à l'élaboration des directives et des normes de rendement sont, et de loin, les études les plus complètes du genre. Ainsi, on évalue les données et renseignements compilés sur une industrie, puis on détermine le type de techniques qui peut être utilisé pour fixer les limites d'effluents. Les principales catégories de techniques sont décrites ci-après.

*BPT* *Meilleure technique réalisable actuellement disponible*

Ce niveau correspond à la moyenne des meilleurs rendements obtenus pour des établissements dont l'âge, la taille, le mode d'exploitation ou autres caractéristiques communes applicables au contrôle de polluants similaires varient. Une comparaison entre le coût total occasionné par l'application de cette technique et les avantages qui en résultent (du point de vue de l'élimination des contaminants dans l'effluent) est effectuée en tenant compte notamment de l'âge de l'équipement et des installations, des changements devant être apportés au mode d'exploitation, des aspects techniques des procédés d'élimination des contaminants ainsi que des répercussions environnementales sur la qualité des secteurs autres que l'eau (y compris les besoins énergétiques). Ce type de technique met également l'accent également sur le traitement à la sortie de l'émissaire plutôt que sur les changements de procédés ou les contrôles internes, sauf lorsque ces dernières techniques sont courantes dans l'industrie.

*BAT* *Meilleure technique disponible*

Ce niveau représente le meilleur rendement économiquement réalisable pour des usines dont la taille, l'âge, le mode d'exploitation ou autres caractéristiques communes varient. Cette technique constitue la principale méthode utilisée pour contrôler les déversements directs de polluants toxiques et non traditionnels dans les eaux navigables. Au nombre des facteurs pris en considération pour déterminer la meilleure technique disponible, mentionnons l'âge de l'équipement et des installations, les procédés utilisés, les aspects techniques des procédés de dépollution, les changements

à apporter aux procédés, les répercussions environnementales sur la qualité des secteurs autres que l'eau, incluant l'énergie, ainsi que les coûts résultant de l'application de cette technique.

L'obtention d'un rendement généralement inadéquat à l'intérieur d'une catégorie ou sous-catégorie donnée peut nécessiter le transfert de la technique dans une autre catégorie, ainsi que l'adoption de changements ou de contrôles internes, même lorsque ces techniques ne sont pas courantes dans l'industrie.

Les limites établies à partir de cette technique représentent généralement le meilleur rendement économiquement réalisable pour les générateurs directs inclus dans une catégorie ou sous-catégorie industrielle. Ces limites contrôlent le rejet de polluants toxiques (polluants d'intérêt prioritaire) et non traditionnels (D.C.O., composés phénoliques, ammoniac et sulfures) dans l'effluent des générateurs directs existants. La meilleure technique disponible ne s'applique toutefois pas aux polluants traditionnels (matières en suspension, huiles et graisses, $D.B.O._5$ et pH), lesquels relèvent de la meilleure technique de lutte disponible pour les polluants traditionnels (BCT).

*BCT* — *Meilleure technique de réduction des polluants traditionnels*
Ce niveau de contrôle ne constitue pas une limite supplémentaire, mais plutôt le niveau qui remplace la meilleure technique disponible dans le cas des polluants traditionnels. Les limites établies à partir de la BCT sont évaluées à partir d'une analyse en deux volets du caractère "raisonnable" des coûts. Ainsi, avant de déterminer la meilleure technique de réduction des polluants traditionnels, la EPA doit, à la lumière des résultats de ces deux analyses, pouvoir conclure que les limites sont "raisonnables." En aucun cas cette technique ne doit-elle être moins sévère que la meilleure technique disponible. L'évaluation de la meilleure technique de réduction des polluants traditionnels pour une industrie se fait en tenant compte du rapport entre d'une part les coûts occasionnés par la réduction des polluants dans l'effluent et d'autre part les avantages résultant de cette réduction à différents niveaux de contrôle dans l'industrie et en comparant les coûts et le niveau de réduction de ces polluants des stations de traitement et des sources industrielles.

*NSPS* — *New Source Performance Standards (normes de rendement applicables aux nouvelles usines)*
Les NSPS s'appliquent aux nouveaux générateurs directs de déchets industriels. Cette réglementation se fonde sur la meilleure technique éprouvée disponible permettant de réduire la pollution au maximum. Les facteurs pris en considération pour l'établissement de ces normes sont les meilleurs changements démontrés, les contrôles internes et les techniques de traitement à la sortie de l'émissaire. Ces normes insistent fortement sur le fait que les nouvelles usines ont la possibilité d'appliquer les procédés de production et de traitement des eaux usées les meilleurs et les plus efficaces qui soient.

Afin de rendre son programme de contrôle des produits toxiques encore plus rigoureux, la EPA peut également prescrire les "meilleures pratiques de gestion" (BMP), lesquelles

visent à empêcher le rejet de polluants toxiques et dangereux à partir des eaux de ruissellement de l'usine, de déversements ou de fuites, de l'élimination des boues ou des déchets ou du drainage des lieux de stockage des produits bruts, durant les procédés de fabrication ou de traitement.

### 1.3.4 Polluants réglementés par la EPA aux États-Unis

Un autre aspect important de l'élaboration de règlements fondés sur les techniques disponibles tient à la sélection des paramètres à réglementer pour chaque polluant. Le processus de sélection adopté par la EPA consiste à faire une analyse approfondie de la documentation et des données recueillies sur l'industrie et à mener des programmes d'échantillonnage, de dépistage et de vérification détaillés, par exemple l'analyse des eaux usées brutes et traitées provenant de plusieurs activités discrètes générant des eaux usées. Ces analyses déterminent la nature du polluant présent, le rendement des techniques disponibles pour éliminer le polluant, ainsi que le procédé d'élimination le plus efficace (à l'intérieur de l'usine ou à la sortie de l'émissaire). En outre, différents systèmes de lutte contre la pollution sont utilisés pour l'élimination de différentes classes de polluants, selon qu'il s'agit par exemple de métaux ou de composés organiques.

De plus, les limites fixées pour un polluant donné peuvent varier entre les diverses catégories et sous-catégories industrielles, selon la matrice des eaux usées.

Il existe trois groupes de polluants industriels pour lesquels des limites, des normes et des directives d'effluent ont été établies; il s'agit des polluants "traditionnels," "toxiques" et "non traditionnels." Voici une description de chacun de ces groupes.

*Groupe 1 : Polluants traditionnels*

Les polluants "traditionnels" représentent le groupe le plus connu de polluants généralement acceptés par les professionnels du domaine du traitement des eaux usées. Ce groupe réunit les cinq paramètres indiqués ci-après, lesquels sont de nature générique, c'est-à-dire qu'ils ne représentent pas des composés précis mais qu'ils mesurent des classes de produits produisant des réactions physiques, chimiques ou biologiques similaires lors d'essais empiriques en laboratoire.

- demande biochimique d'oxygène (D.B.O.)
- matières en suspension
- coliformes fécaux
- pH
- huiles et graisses

*Groupe 2 : Polluants toxiques (d'intérêt prioritaire)*

Dans le cadre des modifications apportées à la Clean Water Act en 1977, le Congrès américain a dressé une liste de 65 polluants et classes de polluants d'intérêt prioritaire considérés comme étant "toxiques." Cette liste a par la suite été élargie par la EPA pour inclure 129 polluants toxiques précis, dont trois ont été supprimés depuis. Cette liste figure à l'annexe C. Au moment d'élaborer des règlements relatifs aux effluents, une analyse des eaux usées doit être faite pour déterminer si celles-ci renferment des polluants d'intérêt prioritaire.

Des règlements et des normes doivent être élaborés et promulgués pour les polluants toxiques qui :

- sont présents plus qu'à l'état de traces;

- présentent des risques considérables pour la qualité de l'eau ou la santé humaine;
- sont présents, dans les eaux usées brutes, à des taux supérieurs au niveau de traitabilité, ou
- doivent traverser des usines d'épuration publiques ou nuisent à leur fonctionnement.

La EPA est également tenue d'identifier et de réglementer des polluants autres que les polluants d'intérêt prioritaire.

*Groupe 3 : Polluants non traditionnels*

De façon générale, ce groupe inclut tout polluant ou paramètre de pollution ne faisant pas partie des groupes de polluants traditionnels ou toxiques. Les paramètres non traditionnels qui figurent couramment dans les directives et les normes par catégories sont indiqués à l'annexe C.

**Directive 1-1 : Le traitement physico-chimico-biologique des déchets doit être le plus complet possible et se faire en utilisant la meilleure technique disponible, afin de réduire au minimum les risques pour la santé et l'environnement.**

## 2.0 EXAMEN DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE

Les centres de traitement physico-chimico-biologique seront appelés à traiter essentiellement deux catégories de déchets, soit :

- les déchets inorganiques (traitement physico-chimique),
- les déchets aqueux/organiques (traitement biologique)

Les sections qui suivent présentent une description des différents types de procédés. Comme la majeure partie des déchets à traiter devrait être essentiellement de nature inorganique, les procédés de traitement physico-chimico-biologique devraient prédominer.

**Directive 2-1 : Une des philosophies-clés de la conception des systèmes de traitement physico-chimico-biologique doit préconiser l'utilisation maximale de procédés discontinus, afin d'exercer un contrôle maximal et d'assurer une efficacité optimale de chaque étape de la chaîne de traitement.**

Certains rapports publiés antérieurement, comme ceux de Arthur D. Little vol. 1 et 2 (1977) et de la USEPA (1980) révisé en 1981,1982 et 1983, résument les résultats d'examens et d'évaluations exhaustifs d'ouvrages traitant d'autres techniques pouvant être utilisées pour le traitement physico-chimico-biologique de déchets particuliers.

### 2.1 Traitement physico-chimique

#### 2.1.1 Généralités

Les procédés de **traitement physique** font généralement référence aux procédés visant à séparer et à concentrer divers composants d'un flux de déchets, sans en altérer les propriétés chimiques. La filtration et la sédimentation en sont deux exemples.

Les procédés de **traitement chimique** font référence aux procédés qui provoquent une transformation chimique d'un ou de plusieurs des composants du flux de déchets, dans le but principalement d'éliminer une substance donnée ou d'en réduire la toxicité. Citons à titre d'exemples les procédés d'oxydation et de précipitation.

Une quantité limitée de déchets organiques aqueux peut également être traitée par procédés physico-chimiques visant à séparer ou à éliminer l'eau, ou ces déchets peuvent être traités de façon biologique.

Le traitement physico-chimique des déchets inorganiques se termine par la production de deux effluents distincts; le premier renferme des contaminants concentrés ou décontaminés extraits de l'influent. Cet effluent peut nécessiter un traitement ultérieur avant d'être éliminé dans un site d'enfouissement sécuritaire. Le deuxième effluent, l'effluent traité, peut être réutilisé à des fins de traitement sur place ou être éliminé suivant l'une des méthodes décrites ci-après.

Diverses options peuvent être envisagées pour l'élimination de l'effluent traité, à savoir :

- rejet dans un milieu récepteur ou un réseau d'égouts;
- évaporation;
- injection de puits profond.

La figure 3.0-1 de l'annexe A illustre le schéma de traitement d'une usine typique destinée au traitement physico-chimique de déchets inorganiques dangereux.

La chaîne de traitement usuelle comporte les étapes suivantes :

- oxydation (pour la transformation des cyanures);
- réduction (pour la transformation du chrome hexavalent en chrome trivalent);
- neutralisation et précipitation (élimination des métaux lourds);
- décantation (séparation des matières en suspension)
- filtration sous pression (concentration des solides)
- solidification et stabilisation (conditionnement des matières solides pour mise en décharge)
- épuration des gaz évacués (contrôle des émissions gazeuses)

### 2.1.2 Oxydation

Au cours d'un procédé habituel, on utilise de l'hypochlorite de sodium (NaOCl) pour l'oxydation des ions cyanure en dioxyde de carbone et azote. Voici les réactions chimiques qui se produisent :

$$2CN^- + 2OCl^- \rightarrow 2CNO^- + 2Cl^- \quad \text{(i)}$$

$$2CNO^- + 3OCl^- + H_2O \rightarrow 2CO_2\uparrow + N_2\uparrow + 2OH^- + 3Cl^- \quad \text{(ii)}$$

La réaction globale est donc :

$$2CN^- + 5OCl^- + H_2O \rightarrow 2CO_2\uparrow + N_2\uparrow + 2OH^- + 5Cl^- \quad \text{(iii)}$$

L'appareillage se compose d'un réservoir de réaction par brassage, d'une cuve de stockage pour l'hypochlorite de sodium, d'une pompe doseuse pour l'oxydant, d'un échangeur (pour réchauffer ou refroidir) et d'une pompe pour assurer la circulation à travers l'échangeur et le transfert depuis le réacteur. Divers instruments mesurent le pH, le potentiel d'oxydoréduction et le niveau.

La destruction des cyanures par oxydation chimique (par l'hypochlorite de sodium) peut se faire essentiellement en moins de deux heures, en l'absence d'éléments faisant interférence. Certains ions métalliques de transition comme le fer nuisent toutefois à l'oxydation alcaline des cyanures. Cependant, même de telles solutions peuvent être traitées avec succès moyennant un temps de réaction suffisant (24 heures).

Bien qu'un grand nombre d'oxydants puissent être utilisés, la chloration en milieu alcalin est la méthode la plus répandue. Parmi les autres procédés de destruction des cyanures utilisés, mentionnons (Grosse 1986 et Dawson 1986) les suivants :

- ozonation;
- décomposition électrolytique;
- procédé de Dupont Kastone au moyen de $H_2O_2$ et HCHO;
- utilisation de polysulfures pour les liquides à forte teneur en cyanures (Ganczarczyk, 1988).

### 2.1.3 Réduction

Le procédé de réduction chimique habituel prévoit l'utilisation de bisulfite de sodium ($NaHSO_3$) pour la transformation du chrome hexavalent en chrome trivalent. La réduction

chimique du chrome présente un intérêt, car le chrome trivalent est moins toxique et qu'il peut être précipité pour en faciliter l'extraction de la solution. La réaction chimique suivante se produit :

$$4H_2CrO_4 + 6NaHSO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 10H_2O$$

Au cours de cette réaction, le chrome passe de l'état hexavalent ($6^+$) à l'état trivalent ($3^+$) (réduction du chrome), alors que le soufre passe de $2^+$ à $3^+$ (oxydation du soufre).

L'appareillage requis se compose d'un réservoir de réaction par brassage, d'une cuve de stockage pour le bisulfite de sodium, d'une pompe doseuse pour l'addition du réducteur, d'un échangeur (pour refroidir ou réchauffer) et d'une pompe pour assurer la circulation à travers l'échangeur et le transfert depuis le réacteur. Divers instruments mesurent le pH, le potentiel d'oxydoréduction et le niveau.

La première étape du processus de réduction chimique consiste à régler le pH de la solution à traiter, par l'addition d'acide sulfurique. Vient ensuite l'addition du bisulfite de sodium. Le temps de réaction, qui varie selon le type de déchets et de réducteurs, la température, le pH et la concentration, ne dure habituellement que quelques minutes; il faut toutefois laisser plus de temps pour assurer un mélange et une réduction complets.

### 2.1.4 Neutralisation et précipitation

Les déchets sont pompés depuis le réservoir d'oxydation ou de réduction vers le réservoir de neutralisation et de précipitation. De l'acide sulfurique est ajouté au flux alcalin provenant du réservoir d'oxydation alors que de l'hydroxyde de calcium est ajouté aux déchets acides provenant du réservoir de réduction, de manière à ramener le pH entre 5,5 et 9,5. Les produits de réaction incluent les sels (formés par neutralisation) et les hydroxydes métalliques (qui se précipitent sous l'effet du pH élevé). La précipitation désigne le processus par lequel les substances en solution deviennent insolubles. Afin de satisfaire aux normes d'effluent prescrites pour le zinc, le cadmium et le mercure, il faut également ajouter du sulfure après avoir ramené le pH à l'état alcalin. Voici quelques-unes des réactions chimiques qui se produisent :

Neutralization : $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + 2H_2O$ (i)

Précipitation : $NiSO_4\,6H_2O + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(SO_4) + Ni(OH)_2 + 6H_2O$ (ii)

$ZnCl_2 + Na_2S \rightarrow ZnS\downarrow + 2NaCl$ (iii)

L'appareillage requis se compose d'un réservoir de réaction par brassage, de cuves de stockage pour la chaux, l'acide sulfurique et le sulfure de sodium, d'un échangeur (pour refroidir ou réchauffer le réacteur), ainsi que d'une pompe pour assurer la circulation à travers l'échangeur et le transfert vers le clarificateur.

La réaction (iii) est un exemple de précipitation. Le chlorure de zinc et le sulfure de sodium sont tous deux solubles dans l'eau; en revanche, le sulfure de zinc n'est que légèrement soluble. Ainsi, si une solution aqueuse contenant les deux premiers composés est mélangée à l'intérieur d'un réservoir de réaction, il y aura production d'ions sodium, d'ions chlorure et de particules de sulfure de zinc. Le mélange liquide/solide se compose de particules solides de ZnS en suspension dans une solution saturée mais diluée de ZnS. La concentration de zinc en solution dépend du produit de solubilité, une constante qui est fonction de la température et du pH.

Bien que la chaux soit moins coûteuse que d'autres produits chimiques qui peuvent également être utilisés pour la neutralisation et la précipitation, elle est plus difficile à manipuler à cause de sa solubilité limitée et des problèmes d'entartrage qu'elle cause.

Au nombre des problèmes associés à l'élimination des métaux lourds par précipitation d'hydroxydes (Dawson 1986, Peters 1985 et National Lime Association), citons les suivants :

- Les boues gélatineuses qui se forment ont un faible coefficient de filtrabilité.
- Si le pH de la solution change, il peut alors y avoir redissolution du précipité d'hydroxydes.
- Si les déchets renferment plusieurs métaux lourds, le pH le plus efficace pour un métal donné ne sera pas nécessairement efficace pour un autre métal.
- Certains métaux requièrent un pH élevé, ce qui signifie qu'il faut neutraliser l'eau après filtration.
- La présence de cyanures et d'agents complexants nuit à la précipitation d'hydroxydes.
- Le chrome (vi) n'est pas éliminé par précipitation d'hydroxydes.
- La présence de $SO_4$ dans les eaux usées nécessite l'utilisation de grandes quantités de chaux et provoque la formation de fortes quantités de $CaSO_4$ insoluble.

### 2.1.5 Séparation par gravité

La décantation vise à séparer les matières solides décantables issues du processus de précipitation dans le bassin de neutralisation et de précipitation. La décantation est un processus physique par lequel les particules en suspension dans un liquide se déposent sous l'effet de la force gravitationnelle.

L'efficacité de la décantation dépend de la taille des particules, de la différence de gravité entre ces particules et la solution, ainsi que de la texture du précipité (fines particules ou gélatineux). En général, plus les particules sont grosses et plus la différence de gravité est grande, plus les particules se déposent facilement. Pour faciliter le processus, on ajoute un coagulant ou floculant (polyélectrolytes). Il s'agit habituellement de polymères hydrosolubles à longue chaîne comme les polyacrylamides.

Dans bon nombre de réactions de précipitation, par exemple la précipitation des métaux en solution par l'addition d'ions sulfure, il n'y pas formation de flocs, mais plutôt de particules colloïdales très fines et relativement stables. Lorsque cela se produit, il faut ajouter des floculants du genre polyélectrolytes pour favoriser la floculation des précipités de sulfures de métaux.

Le clarificateur utilisé en pareils cas consiste en un bassin de décantation dans lequel la durée de séjour est de 24 heures, pour favoriser la séparation des solides de la solution aqueuse. Les polyélectrolytes sont ajoutés au mélange eau-solides au moment du transfert depuis le bassin de neutralisation et de précipitation vers le bassin de décantation.

Les particules décantées sont ensuite éliminées du liquide sous forme de boues contenant de 2 à 5 % de matières solides.

Certains déchets traités dans ces installations renferment de l'ammoniac et un agent de chélation, l'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA). Il faut alors effectuer des prétraitements

pour éliminer l'ammoniac et précipiter le EDTA (sous forme d'acide libre à faible pH). Ce n'est qu'après que peut commencer la précipitation des métaux.

### 2.1.6 Filtration sous pression

Les boues issues du procédé de sédimentation sont pompées à travers un filtre-presse à plateaux et cadres pour déshydratation.

Le filtre-presse consiste en un assemblage de plateaux recouverts de tissu et disposés en parallèle, maintenus à la verticale à l'intérieur d'un cadre et retenus par un cylindre hydraulique. Les boues sont pompées sous pression entre les plateaux. L'eau passe à travers le filtre et les matières solides concentrées sont retenues à l'intérieur des plateaux, d'où elles sont éliminées périodiquement. Le filtrat est habituellement clair et peut être rejeté sans aucun autre traitement. Dans le cas qui nous intéresse, le filtrat est retourné dans le bassin de sédimentation (étant donné la faible teneur en matières en suspension admissibles).

La déshydratation des boues floculées par filtration sous pression génère des gâteaux de boues d'une densité variant de 40 à 50 % de matières solides séchées, en régime discontinu d'une durée de une à deux heures.

Dans certains cas, le milieu filtrant est recouvert ou enduit d'un adjuvant de filtration en poudre comme le diatomite. Cet enduit favorise l'élimination des particules plus petites. Le chlorure de chaux et le chlorure ferrique sont d'autres adjuvants de filtration souvent utilisés dans les filtres-presses pour améliorer l'élimination des matières solides.

L'utilisation du filtre-presse permet habituellement d'obtenir une boue déshydratée contenant entre 40 et 50 % de matières solides. Le sous-produit est un filtrat dont la teneur en matières en suspension varie de plusieurs centaines à plusieurs milliers de milligrammes par litre. Le filtrat est recyclé vers le bassin de sédimentation.

### 2.1.7 Solidification/stabilisation

Les étapes de solidification et de stabilisation visent à réduire la mobilité des polluants dans l'environnement et par le fait même à rendre l'enfouissement plus sécuritaire.

Aux fins du présent document, ces procédés se définissent comme suit :

- Solidification (ou encapsulation) : fait référence aux procédés par lesquels les déchets passent à l'état solide et peuvent être entièrement enrobés.
- Stabilisation (ou fixation chimique) : fait référence aux procédés par lesquels les déchets sont transformés chimiquement pour en immobiliser les composantes toxiques.

La solidification (encapsulation) n'influe pas en soi sur le potentiel de risques associé aux déchets, bien que ce procédé puisse réduire les dangers en provoquant la création d'une barrière entre les particules des déchets et l'environnement, en limitant la perméabilité des déchets dans l'eau ou encore en réduisant la surface de diffusion disponible.

La stabilisation (fixation chimique) consiste à réduire la toxicité des constituants des déchets ou leur capacité de s'introduire dans l'environnement. Il s'agit d'une réaction chimique qui se produit entre les constituants des déchets et une matrice solide. Citons comme exemple

l'échange d'ions des métaux lourds à l'intérieur de la matrice de silicate d'aluminium d'un agent de solidification à base de ciment. L'adsorption des métaux lourds sur cendres volantes en est un autre exemple.

Les techniques de solidification-stabilisation inorganique prévoient l'utilisation de ciment, de chaux ou de ciment pouzzolanique. Ces substances sont habituellement mélangées aux boues aqueuses et à des additifs de marque pour former une masse solide séchée. Au nombre des additifs possibles, mentionnons les scories, les silicates solubles et les cendres volantes. Dans le processus illustré ici, de la chaux et des cendres volantes sont mélangées pour former une substance cimentée de type pouzzolanique. Cette technique de solidification-stabilisation inorganique est toutefois limitée par la teneur en matières organiques des déchets.

Les procédés de solidification-stabilisation s'appliquent habituellement aux résidus qui ne peuvent subir d'autres traitements avant l'enfouissement.

En général, les procédés de solidification- stabilisation sont efficaces pour les déchets inorganiques. En revanche, ils donnent habituellement de piètres résultats avec les déchets organiques. Le tableau ci-après (Pojasek, 1979) définit les types de déchets qui se prêtent aux divers procédés de solidification-stabilisation :

| Procédé | Déchets traités | Déchets ne pouvant être traités |
|---|---|---|
| À base de ciment | Inorganiques toxiques<br>Boues des épurateurs des gaz de combustion | Organiques toxiques<br>Anions |
| À base de chaux | Inorganiques toxiques<br>Boues des épurateurs des gaz de combustion | Organiques toxiques<br>Anions |
| Polymère organique | Inorganiques toxiques | Substances acides, organiques, oxydants forts |
| Thermo-plastique | Inorganiques toxiques | Déchets organiques et oxydants forts |
| Encapsulation | Inorganiques toxiques et solubles | Oxydants forts |

Au nombre des produits difficilement solidifiés ou stabilisés, mentionnons les huiles, les graisses, les solvants organiques, les solvants de peinture et les plastiques. Le tableau 3-4 fournit plus de détails à ce sujet.

### 2.1.8 Épuration des gaz évacués

L'épuration des gaz évacués a pour but de réduire au minimum les émissions provenant des appareils utilisés dans l'usine de traitement physico-chimique. Ainsi, un dispositif d'élimination des particules est placé au-dessus des cuves de stockage des cendres volantes et de la chaux pour réduire au minimum les émissions de particules.

Tous les gaz émanant des divers réservoirs de réaction et cuves de stockage de l'usine de traitement physico-chimique convergent vers un système à pression négative puis sont comprimés et passent successivement à travers un bain acide, un bain alcalin et un dispositif sur charbon actif, avant d'être libérés dans l'atmosphère.

Les effluents liquides provenant des bains acide et alcalin sont traités à l'intérieur même de l'usine de traitement physico-chimique, alors que les déchets provenant de l'adsorption sur charbon actif sont recueillis en fûts et expédiés vers un incinérateur pour élimination finale.

### 2.1.9 Réactifs chimiques utilisés

Les réactifs normalement utilisés pour les procédés d'oxydation, de réduction, de neutralisation et de précipitation varient d'un endroit à l'autre, en fonction de critères économiques et de la disponibilité des produits. Voici les réactifs utilisés dans une usine de traitement physico-chimique typique :

**Oxydation :** Solution d'hypochlorite de sodium (NaOCl) à 10-11 % en poids, laquelle est déchargée directement des camions-citernes dans les cuves de stockage.

**Réduction :** Solution de bisulfite de sodium ($NaHSO_3$) à 38 % de poids, déchargée directement des camions-citernes dans les cuves de stockage.

**Neutralisation :** Pour neutraliser des solutions alcalines, on utilise de l'acide sulfurique 66°Be (environ 93 % en poids), lequel est déchargé directement des camions-citernes dans les cuves de stockage.

Pour neutraliser des solutions acides, on utilise une boue de chaux (10-15 % en poids) faite de chaux vive (CaO) ou de chaux hydratée [$Ca(OH)_2$], l'un ou l'autre de ces produits étant reçu et stocké sous forme de solide finement pulvérisé.

**Précipitation :** La chaux provoque la précipitation de la majeure partie des métaux lourds présents sous forme d'hydroxydes insolubles; pour réduire encore plus les concentrations de métaux lourds, on ajoute des ions sulfure sous forme de sulfhydrate de sodium (solution de 44 -46 % en poids expédiée par camions -citernes); on peut également choisir, pour des raisons économiques, d'utiliser du sulfure de sodium ($Na_2S$).

**Fixation chimique :** De la chaux hydratée et des cendres volantes, ou encore du ciment de Portland, sont mélangées à l'eau et au gâteau de filtration dans un malaxeur. S'il y a des matières organiques, on peut utiliser du silicate de sodium.

Le choix des réactifs dépend essentiellement de la disponibilité et du coût des produits, ainsi que du rendement du procédé. Les réactifs susmentionnés sont habituellement utilisés, car ils sont faciles à obtenir, que leur coût est raisonnable et qu'ils permettent d'obtenir le rendement voulu; parmi les autres réactifs parfois utilisés, mentionnons les suivants (Dawson, 1986) :

**Oxydation :** Ozone, peroxyde d'hydrogène, permanganate de potassium, chlore, bioxyde de chlore et acide nitreux.

**Réduction :** Sulfate ferreux, bisulfite de sodium, anhydride sulfureux et borohydrure de sodium

**Neutralisation :** Chaux, hydroxyde de sodium, carbonate de sodium, acide chlorhydrique, acides, alcalis

**Précipitation :** Sulfure de sodium, hydrosulfure de sodium, sulfure de fer (ferreux) et carbonate de sodium

**Fixation chimique :** Les procédés organiques incluent l'utilisation de coulis chimiques, de thermoplastiques, de polymères organiques et de la glassification. Les thermoplastiques incluent des substances tels le bitume, l'asphalte, la paraffine ou le polyéthylène. Les polymères organiques comprennent l'urée-formaldéhyde, les résines de polyester et le chlorure de polyvinyle.

Les techniques inorganiques font appel à la poussière de fours à ciment, aux silicates solubles, aux cendres volantes et aux scories de hauts fourneaux.

## 2.2 Traitement biologique

### 2.2.1 Généralités

Les procédés de traitement biologique s'appliquent aux déchets aqueux qui renferment des contaminants organiques. Certains prétraitements, comme la précipitation chimique des métaux lourds ou l'oxydation par rayonnement ultra-violet pour détruire certains composés organiques, peuvent être utilisés pour améliorer la dégradation biologique. Au cours de ces procédés, les composés organiques servent de substrat à la croissance microbienne, ce qui entraîne leur décomposition. Comme les procédés biologiques ne peuvent traiter les contaminants inorganiques, ceux-ci se retrouvent donc dans les boues ou les effluents. L'eau est essentielle à tous les procédés de traitement biologique. Les procédés de traitement aérobie nécessitent en outre la présence d'oxygène pour qu'il y ait décomposition des composés organiques simples et complexes. En revanche, seuls des composés organiques simples, comme les glucides, les protéines, les alcools et les acides peuvent être décomposés en régime anaérobie, vu l'absence d'oxygène.

Le niveau de traitement qui peut être atteint par procédé biologique dépend de plusieurs facteurs, entre autres :

**Type de contaminant organique.** Certains composés organiques comme les pesticides sont difficilement décomposés par les micro-organismes.

**Concentration du contaminant.** Si le contaminant est présent en faible concentration, il ne pourra peut-être pas servir de support à la croissance microbienne. D'un autre côté, de fortes concentrations peuvent s'avérer toxiques pour les bactéries. Ces concentrations varient selon le type de contaminant organique.

**Présence d'inhibiteurs.** Non seulement les composés inorganiques ne peuvent-ils être traités par procédés biologiques, mais certains peuvent également bloquer l'action des bactéries. Certains composés organiques produisent le même effet.

**Degré d'acclimatation.** Pour obtenir un degré d'efficacité adéquat, les populations bactériennes doivent d'abord s'acclimater au type de déchet. De longues périodes d'acclimatation augmentent la capacité de la population microbienne de décomposer les déchets, alors que de courtes périodes d'acclimatation ou des changements soudains dans les caractéristiques des déchets diminuent l'efficacité du traitement.

**Temps de réaction.** Le niveau de traitement dépend également de la période durant laquelle le déchet est en contact avec la population microbienne. Le temps de réaction, ou durée de séjour, optimal dépend du type de contaminant et de sa concentration.

**Tableau 2-1** — Résume les types de composés organiques qui peuvent être réduits par traitement biologique, en régimes aérobie ou anaérobie. La vitesse ou facilité de biodégradation varie en fonction du type de composé. A titre d'exemple, les pesticides et les herbicides peuvent être traités à la fois par des procédés aérobies et anaérobies; dans la plupart des applications, toutefois, la vitesse de biodégradation est souvent trop lente pour que ce procédé soit utile.

**Tableau 2-2** — Présente des exemples de divers composés chimiques et des concentrations auxquelles ces produits deviennent difficiles à traiter par procédé biologique. Deux valeurs sont indiquées; la première vaut lorsque le composé est la seule source de carbone et la deuxième lorsqu'il est en présence d'autres composés organiques. On constate, à partir de ces exemples, que certains composés organiques dangereux sont biodégradables à des concentrations faibles et parfois modérées, mais qu'ils deviennent souvent toxiques pour les populations microbiennes à des concentrations modérées et fortes. Ce dernier phénomène s'intensifie en présence d'autres composés organiques.

Plusieurs procédés de traitement biologique ont été mis au point et sont appliqués au traitement des déchets municipaux et industriels. Certains d'entre eux pourraient également être appliqués au traitement des déchets dangereux. Le reste du chapitre présente une brève discussion de procédés de traitement biologique généraux qui pourraient s'appliquer aux déchets dangereux.

### 2.2.2 Boues activées

Le procédé aux boues activées est probablement la meilleure technique éprouvée pour la biodégradation des composés organiques contenus dans des déchets aqueux. Il s'agit d'un procédé au coût relativement peu élevé, qui ne nécessite l'emploi d'aucun produit chimique si ce n'est, au besoin, d'additifs nutritifs, de substances pour corriger le pH et d'adjuvants de coagulation. L'apport d'énergie sert principalement à maintenir les conditions aérobies. Le procédé consiste essentiellement à mettre les composés organiques contenus dans les eaux usées en contact avec les micro-organismes et l'oxygène présent dans l'air; suit ensuite l'étape de séparation des phases liquides et solides. Cette séparation permet de récupérer la majeure partie des micro-organismes et de les recycler vers le bassin de contact, ainsi que de clarifier les eaux usées. Les boues excédentaires sont éliminées du système. Le recyclage des micro-organismes constitue l'aspect unique de ce procédé aux boues activées.

Il existe quatre types de procédés aux boues activées, à savoir : le procédé normal (le plus répandu), le procédé à aération prolongée, le procédé à forte charge et le procédé avec oxygène. Le procédé à aération prolongée se caractérise par une charge massique (ou rapport entre la masse de nourriture et les micro-organismes) plus faible que dans le procédé normal. Cela signifie habituellement une durée de séjour plus longue dans le réacteur (bassins d'aération plus larges pour un même débit); ce procédé a toutefois l'avantage de générer moins de boues excédentaires qu'il faut éliminer (environ deux fois moins que le procédé normal). Ce procédé est utilisé habituellement pour le traitement de débits d'eaux usées relativement faibles. Le procédé à forte charge se caractérise quant à lui par une courte durée de séjour dans le bassin de contact et une plus faible qualité de l'effluent, ainsi que par une production accrue de boues excédentaires; le coût

**TABLEAU 2-1**

**RÉSUMÉ DES GROUPES DE COMPOSÉS ORGANIQUES SUJETS A LA BIODÉGRADATION**

| Composés du substrat | Respiration | |
|---|---|---|
| | Aérobie | Anaérobie |
| Alcanes à chaîne droite | * | * |
| Alcanes à chaîne ramifiée | * | * |
| Halogénures d'alkyl saturés | | * |
| Halogénures d'alkyl non saturés | | * |
| Esters, glycols, époxydes | * | * |
| Alcools | * | * |
| Aldéhydes, cétones | * | * |
| Acides carboxyliques | * | * |
| Amides | * | * |
| Esters | * | * |
| Nitriles | * | * |
| Amines | * | * |
| Esters phtaliques | * | * |
| Nitrosamines | | * |
| Alcanes cycliques | * | |
| Aromatiques non halogénés | * | * |
| Aromatiques halogénés | * | * |
| Composés nitrés aromatiques simples | * | * |
| Composés nitrés aromatiques avec autres groupes fonctionnels | * | * |
| Phénols | * | * |
| Aromatiques halogénés à chaîne latérale | * | |
| Dérivés hydroxy à anneaux condensés | * | |
| Nitrophénols | | * |
| Halophénols | * | |
| Phénols — Dihydrures, polyhydrures | * | |
| Hydrocarbures polycycliques à deux et trois anneaux condensés | * | |
| Biphényles | * | |
| Biphényles chlorés | * | |
| Hydrocarbures polycycliques à quatre anneaux condensés | * | |
| Hydrocarbures polycycliques condensés | * | |
| Organophosphates | * | * |
| Pesticides et herbicides | * | * |

Source : Envirosphere, 1985, tel que cité dans EPA, 1985

**TABLEAU 2-2**

**CONCENTRATIONS POSANT DES PROBLÊMES POUR LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE DE PRODUITS CHIMIQUES SÉLECTIONNÉS**

| Produit chimique | Concentration problème (mg/L) | |
|---|---|---|
| | Dépendant du substrat[1] | Non dépendant du substrat[2] |
| n-Butanol | — | >1000 |
| sec-Butanol | — | >1000 |
| t-Butanol | >1000 | >1000 |
| Alcool allylique | — | >1000 |
| 2-éthyl-1-hexanol | 500-1000 | — |
| Formaldéhyde | — | 50-100 |
| Crotonaldéhyde | 200 | 50-100 |
| Acroléine | — | — |
| Acétone | — | >1000 |
| Méthylisobutylcétone | >1000 | >1000 |
| Isophorone | >1000 | — |
| Diéthylamine | — | 300-1000 |
| Éthylènediamine | — | 100-300 |
| Acrylonitrile | >1000 | 100 |
| éthyl-5 méthyl-2 pyridine | >1000 | 100 |
| N.N-diméthylaniline | >1000 | — |
| Phénol | >1000 | 300-1000 |
| Éthylbenzène | >1000 | — |
| Acrylate d'éthyle | 600-1000 | 300-600 |
| Acrylate de sodium | — | >500 |
| Dodécane | >1000 | — |
| Dextrose | >1000 | >1000 |
| Acétate d'éthyle | >1000 | — |
| Éthylène glycol | >1000 | >900 |
| Diéthylène glycol | — | >1000 |
| Tétraline | 1000 | — |
| Kérosène | — | >500 |
| Chlorure de cobalt | — | >1000 |

(1) Signifie que le composé est la seule source de carbone et d'énergie.

(2) Signifie que d'autres sources de carbone et d'énergie sont présentes.

Source : SCS Engineers, 1979, tel que cité dans EPA, 1985

global de ce procédé (exception faite de l'élimination des boues) est toutefois moins élevé. Enfin, dans le cas du procédé avec oxygène, on utilise de l'oxygène relativement pur (concentration en $O_2$ de 90 % ou plus) plutôt que de l'air pour l'aération, ce qui permet de réduire la taille du bassin d'aération et le nombre d'aérateurs. Les économies ainsi réalisées sont toutefois neutralisées par le coût du dispositif de séparation d'air nécessaire à la production d'oxygène. Le procédé est en outre plus complexe. Au nombre des avantages invoqués, mentionnons un meilleur contrôle de la concentration en oxygène dissous et une meilleure décantation des boues, donc une plus grande concentration des boues dans le bassin de contact.

La forte population microbienne présente dans les systèmes de traitement par les boues activées favorise l'acclimatation à divers types de déchets et permet une plus grande charge en D.B.O. L'effluent issu de ces procédés doit être traité afin d'éliminer les matières organiques, les sels et les matières en suspension résiduels, ce qui ce fait souvent par filtration ou adsorption sur charbon actif.

### 2.2.3 Boues activées avec charbon actif pulvérulent

Ces procédés ne diffèrent des procédés habituels de traitement par les boues activées que par l'addition de charbon actif pulvérulent dans les boues microbiennes, ce qui permet de réduire la D.B.O., la D.C.O., la teneur en carbone organique total et la teneur en matières en suspension de l'effluent. Le charbon actif pulvérulent constitue en outre un tampon contre les surcharges et son utilisation rend souvent inutile la filtration sur charbon actif de l'effluent.

### 2.2.4 Réacteurs séquentiels discontinus

D'un concept similaire aux systèmes de traitement par boues activées, les réacteurs séquentiels discontinus permettent d'effectuer toutes les étapes du traitement en un seul bassin. Ce traitement se déroule en quatre étapes, soit :

- Remplissage : remplissage du réservoir de réaction avec les déchets à traiter.
- Mélange : mélange de la population microbienne et des déchets et aération.
- Décantation : étape durant laquelle la population microbienne se dépose au fond du réacteur.
- Drainage : étape visant à éliminer l'effluent et à retenir les boues.

Ce procédé, qui s'effectue en régime discontinu, comporte des avantages et des exigences similaires à ceux du procédé de traitement par les boues activées. Il offre cependant une plus grande flexibilité d'exploitation. Le temps de réaction peut ainsi être réglé de manière à pouvoir recevoir de fortes charges ou des déchets d'une faible biodégradabilité. La vitesse de décantation et le volume du réservoir peuvent également être réglés suivant les besoins. Enfin, il est possible de surveiller la concentration de contaminants pour s'assurer que l'effluent soit satisfaisant.

### 2.2.5 Lit bactérien

Il ne s'agit pas véritablement d'un filtre, mais plutôt d'un lit fait de plastique, d'un amas de pierres ou de tout autre support sur lequel se développe une pellicule bactérienne. Les eaux usées vaporisées au-dessus du lit bactérien ruissellent le long de la pellicule bactérienne, ce qui provoque la décomposition des composés organiques et l'alimentation des bactéries. L'aération se

fait par courant d'air naturel ou forcé. Comparativement aux systèmes de traitement par les boues activées, les lits bactériens sont relativement inefficaces pour réduire la D.B.O. (demande biochimique d'oxygène); ils tolèrent toutefois mieux les surcharges. Ils sont parfois utilisés comme dispositifs de dégrossissage en amont des systèmes de traitement par boues activées. Un clarificateur doit être installé en aval du lit bactérien pour récupérer les pellicules qui se détachent du support. Les besoins énergétiques de ce système sont faibles.

### 2.2.6 Disques biologiques rotatifs

Il s'agit d'un dispositif plus moderne qui fonctionne selon les mêmes principes que le lit bactérien. Dans ce cas, cependant, la pellicule bactérienne se développe à la surface d'une série de disques verticaux (ou autre support) montés sur une tige centrale; ces disques, qui tournent lentement, sont partiellement submergés dans les eaux usées contaminées. La pellicule biologique vient donc tour à tour en contact avec l'air et les matières organiques des eaux usées, ce qui donne lieu aux mêmes processus de décomposition des matières organiques et d'alimentation des bactéries que l'on observe avec le lit bactérien. On utilise là aussi un clarificateur pour récupérer les pellicules qui se détachent des disques. Les besoins énergétiques du système sont faibles et son rendement se compare à celui des procédés avec boues activées. Dans certains établissements, les disques biologiques rotatifs ont remplacé les systèmes de traitement par les boues activées et les lits bactériens, pour des raisons, semble-t-il, de rentabilité.

### 2.2.7 Lit fluidisé

Dans ces systèmes, l'eau usée pré-oxygénée circule à travers un lit de sable ou autre support semblable recouvert d'une population bactérienne. La circulation des eaux usées se fait de façon ascendante, ce qui favorise la suspension des particules et permet de maximiser la superficie disponible. La biodégradation résulte du contact entre les bactéries et le contaminant organique en présence d'eau oxygénée. Comme ces systèmes assurent le maintien d'une forte population bactérienne à l'intérieur d'un réacteur de faible volume, ils donnent les meilleurs résultats avec de fortes charges organiques. Il est en outre souhaitable de maintenir un taux d'alimentation constant, pour garder la population bactérienne en bon état.

Bien que les réacteurs sur lit fluidisé puissent traiter le même type de déchets que les autres procédés de traitement biologique, ils peuvent recevoir de plus fortes concentrations de matières organiques. Ils permettent généralement une forte réduction de la D.B.O.; cependant, comme ils acceptent de fortes concentrations, l'effluent doit souvent subir d'autres traitements pour satisfaire aux critères relatifs à la qualité de l'eau. L'efficacité de ce système, comme celle des autres procédés biologiques, dépend de plusieurs facteurs. Enfin, comme ces systèmes offrent peu de flexibilité en matière de fonctionnement, ils conviennent surtout au traitement de fortes charges constantes de composés facilement biodégradables.

### 2.2.8 Étangs aérés/Étangs de stabilisation

Les étangs de stabilisation, aussi appelés bassins d'oxydation, sont des bassins peu profonds (0,6 à 1,2 M) qui aèrent passivement les eaux usées sous l'effet des vagues. Il s'ensuit une biodégradation aérobie qui provoque la libération de dioxyde de carbone lequel est absorbé à son tour par les algues qui génèrent ainsi encore plus d'oxygène pour la poursuite du processus de biodégradation. Comme il s'agit d'un système passif, la période de retenue est longue (jusqu'à 30

jours) et seuls les déchets de faible D.B.O. peuvent être traités adéquatement. Ces systèmes peuvent être exploités en régime discontinu ou continu.

Les étangs aérés sont en général plus profonds que les étangs de stabilisation; l'aération se fait par le biais de diffuseurs ou d'aérateurs en surface actionnés mécaniquement. La durée de séjour est souvent d'environ trois à quatre jours et il y a moins d'algues. Les bassins aérés diffèrent des procédés aux boues activées du fait qu'aucune boue ou bactérie n'est recyclée à partir de l'effluent. En outre, les traitements en bassins aérés sont moins efficaces que les procédés aux boues activées et la durée de séjour doit être plus longue.

Enfin, ni les étangs aérés, ni les étangs de stabilisation, ne peuvent recevoir une charge organique aussi élevée que les systèmes aux boues activées, étant donné leur population microbienne moins nombreuse. Pour cette même raison, ils ne peuvent traiter aussi bien les surcharges et les déchets de nature variable. En outre, comme ces procédés se déroulent à l'extérieur, leur efficacité diminue en hiver, par temps froid. Les étangs conviennent surtout au traitement de faibles charges organiques, à des endroits où il y a beaucoup d'espace et où on ne prévoit pas de surcharges ni de variation dans la composition des déchets.

### 2.2.9 Digestion anaérobie

En l'absence d'oxygène, les bactéries anaérobies et facultatives assurent la biodégradation des déchets organiques. Divers procédés peuvent être utilisés à cette fin, selon la concentration et les caractéristiques des déchets. Les procédés anaérobies sont utilisés pour le traitement de déchets fortement concentrés, comme les boues, et ils génèrent un combustible utilisable, le méthane.

Les digesteurs anaérobies devant s'adapter au type de déchets à traiter, ils conviennent mal au traitement de déchets de nature variable. Par ailleurs, la présence de métaux et de certains composés organiques inhibe davantage la biodégradation en régime anaérobie qu'aérobie; l'utilisation des digesteurs anaérobies se limite donc aux composés organiques simples et non métalliques, d'une concentration adéquate. Enfin, le système résiste mal aux variations de débit, des débits trop faibles ou trop forts provoquant l'interruption du processus. De même, les surcharges peuvent avoir un effet destructeur.

### 2.2.10 Digestion aérobie

Il s'agit d'un autre procédé de stabilisation des boues qui vise à réduire le volume et la teneur en D.B.O. des boues avant leur traitement ultérieur ou leur élimination finale. La digestion aérobie des boues activées excédentaires peut être considérée comme étant la prolongation du procédé aux boues activées avec un faible rapport aliments/micro-organismes. La durée de séjour peut varier de 10 à plus de 20 jours. Comme ce procédé se déroule en bassins ouverts, il ne convient pas particulièrement aux climats froids.

### 2.2.11 Compostage

Le compostage est un autre procédé de stabilisation capable de traiter des boues dont la teneur en matières solides atteint jusqu'à 50 p. 100. Le compostage est un type de digestion aérobie qui est relativement peu sensible aux produits toxiques et qui adsorbe les métaux. Il s'agit du procédé de stabilisation le plus coûteux, qui demeure cependant moins coûteux que l'incinération.

Les boues sont empilées sur le sol en andains, habituellement avec des copeaux de bois. Des boues fraîches peuvent être pulvérisées sur le dessus. Les amas de boues sont aérés par retournement périodique effectué au moyen d'équipement pour transporter de la terre. La digestion complète de la plupart des déchets organiques nécessite de trois à quatre mois; cependant, les déchets de raffinerie et les composés organiques difficiles peuvent prendre jusqu'à un an. Le temps froid prolonge le processus.

### 2.2.12 Épandage sur le sol

Aussi connue sous le nom de traitement du sol, cette forme de traitement biologique tire profit de la capacité d'assimilation naturelle des sols. Les déchets sont épandus à la surface du sol, où ils s'infiltrent ou sont labourés dans le sol. La biodégradation résulte de la présence des bactéries naturelles. Les autres contaminants sont adsorbés par les particules du sol, se volatilisent au contact de l'air ou subissent des transformations chimiques ou physiques. L'épandage sur le sol a l'avantage de ne laisser aucun résidu, car autant les liquides que les boues peuvent théoriquement être épandus sur le sol.

La capacité du sol et de la population microbienne naturelle d'assimiler les déchets dépend de nombreux facteurs incluant les suivants :

- Type de contaminant, présence d'inhibiteurs, concentration du contaminant et autres facteurs propres aux systèmes biologiques.
- Type de sol et texture du sol
- Vitesse d'infiltration dans le sol
- Caractéristiques du sol (pH, température, degré d'humidité et concentrations en éléments nutritifs, notamment en azote et en phosphore)
- Profondeur du sol, niveau des eaux souterraines, pente du sol.

Le taux d'épandage maximal des déchets dépend de tous ces facteurs, d'où la nécessité de surveiller la concentration des contaminants, le degré d'humidité du sol et les eaux souterraines. Il faut également surveiller et contrôler les eaux de ruissellement.

Au nombre des problèmes associés à l'épandage, mentionnons les odeurs résultant de la volatilisation de certains composés et la perception qu'a le public de cette pratique. La phytotoxicité pose également un problème avec certains déchets. Par ailleurs, comme l'activité microbienne est tributaire de la température, l'efficacité des traitements et, partant, le taux d'épandage, varient. Ainsi, le gel du sol, la présence d'une couverture de neige et la saturation du sol en eau sont trois conditions qui empêchent l'épandage des déchets sur le sol et diminuent, par le fait même, la fiabilité de ce procédé.

## 2.3 Pratiques actuelles

Nous décrivons ci-après les procédés actuellement en usage dans trois centres de traitement physico-chimique d'Europe et une usine américaine.

**HIM, Francfort, Allemagne de l'ouest** — Il s'agit d'une usine de traitement physico-chimique complète destinée au traitement des déchets inorganiques contenant des acides, des bases, des cyanures, etc. (plus de 4 000 composés différents). L'appareillage se compose de réservoirs d'arrivée souterrains, de cuves d'entreposage, de réacteurs, de réservoirs d'alimentation, de filtres, de bassins de

retenue des liquides, de conteneurs de boues et de réservoirs pour produits chimiques. L'usine fonctionne cinq jours par semaine, huit heures par jour. Chaque conteneur reçu est échantillonné et analysé avant d'être accepté. Les analyses effectuées visent à déterminer le pH, la présence de cyanures, de chrome hexavalent et de métaux lourds et la teneur en huile. Les effluents liquides neutralisés qui satisfont aux normes gouvernementales sont acheminés, par le réseau d'égouts, à l'usine municipale de traitement biologique.

Les réactions en discontinu sont réglées essentiellement par voie manuelle. Les produits chimiques utilisés pour les traitements sont la chaux, le bisulfite de sodium, le chlorure ferrique, l'hypochlorite de sodium, le chlorure ferreux, l'acide hydrochlorique et le sulfure de sodium. Les gaz évacués sont traités par des bains acides, des bains alcalins et du charbon actif.

**Kommunekemi (Chem Controls), Nyborg, Danemark** — Il s'agit d'une usine de traitement des déchets dangereux complète, où sont pratiqués l'incinération et la mise en décharge en plus du traitement physico-chimique. Tous les traitements physico-chimiques sont effectués dans un réacteur, en alternance. Le réacteur consiste en un bassin de béton horizontal et carré, tapissé de tuiles (mélange inadéquat dans les coins). Le traitement des déchets est déterminé par un ingénieur chimiste qui se fonde sur le manifeste et les analyses de laboratoire. L'aire de réception et les installations de traitement physico-chimique fonctionnent 40 heures par semaine, alors que l'incinérateur fonctionne sans arrêt.

Aucune analyse n'est effectuée avant l'acceptation des déchets, celles-ci étant faites après la réception et le mélange des produits en entrepôt. L'eau d'effluent est analysée afin d'en déterminer la teneur en COT, le pH, la conductivité, la turbidité et la température.

Au nombre des produits chimiques utilisés, mentionnons l'acide sulfurique, l'hypochlorite de sodium, le sulfure de sodium, l'acide hydrochlorique (pour régénérer les dispositifs de traitement BFW), la soude caustique, la chaux et le sulfate ferreux.

**Ekokem, Riihimaki, Finlande** — Il s'agit là aussi d'une usine complète de traitement des déchets dangereux, où sont pratiqués l'incinération, la mise en décharge et le traitement physico-chimique. Cette usine est plus automatisée que celles d'Allemagne ou du Danemark. Les installations de réception et de traitement physico-chimique fonctionnent 40 heures par semaine, alors que l'incinération se poursuit continuellement. Le personnel du laboratoire prépare les recettes de traitement à l'intention des préposés à l'exploitation.

Les déchets sont reçus et acceptés sur la base du contenu du manifeste. Ils sont échantillonnés et analysés après le déchargement.

**Chemical Waste Management, Kettleman Hills, Californie** — Bien qu'il s'agisse principalement d'un centre d'enfouissement des déchets dangereux, on y effectue également certains traitements physico-chimiques, notamment la neutralisation de solutions inorganiques et de boues liquides d'acides, de bases et de métaux lourds,

ainsi que la précipitation des métaux lourds par l'addition de chaux dans des étangs d'évaporation solaire. Il se produit une accumulation des matières solides, lesquelles sont récupérées une fois par année pour être ensuite mises en décharge (technique économiquement rentable).

On y utilise de la chaux pour la neutralisation, du polysulfure de calcium pour la détoxication des cyanures et de la poussière de ciment et des cendres volantes pour la stabilisation.

Outre les établissements précités, au moins deux usines de traitement des déchets dangereux des États-Unis utilisent le procédé de traitement biologique par les boues activées. Ainsi, Hyon Waste Management Services Inc. applique un système aux boues activées continu alors que la Bio-Ecology Inc. utilise un procédé de traitement aux boues activées en régime discontinu.

**Directive 2-2 : Il faut donner la préférence aux techniques et aux procédés qui produisent la plus faible quantité de résidus et qui favorisent une détoxication et une concentration maximales des contaminants résiduels extraits des déchets. La préférence doit également aller aux techniques dont les résidus :**

- **nécessitent un traitement ultérieur minimal avant élimination**
- **se prêtent le mieux à un traitement ultérieur;**
- **peuvent facilement être rendus physiquement et chimiquement inertes par solidification, avant l'enfouissement.**

## 3.0 EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT

### 3.1 Généralités

Un vaste éventail de procédés physiques, chimiques et biologiques ont été appliqués au traitement des déchets dangereux, avec des degrés d'efficacité variables. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la capacité d'élimination des polluants et leur traitabilité dépendent de nombreux facteurs, et plus particulièrement des facteurs suivants :

- **Concentration des polluants** — L'efficacité d'un procédé de traitement est souvent évaluée en fonction du pourcentage de contaminants présents dans l'influent, qui sont éliminés par le traitement. Il peut donc arriver qu'un procédé appliqué au traitement d'un influent à forte concentration de contaminants soit jugé efficace, même si l'effluent qui en résulte demeure fortement contaminé. Il faut également tenir compte des concentrations toxiques de contaminants dans les déchets destinés à un traitement biologique et du volume excessif d'agents de conditionnement ou d'additifs requis pour certains procédés de traitement physique ou chimique.
- **Composition des déchets** — Un grand nombre, voire la totalité, des déchets dangereux renferment de multiples contaminants. Or les procédés de traitement sont souvent évalués en fonction de leur aptitude à éliminer ou à traiter un petit nombre seulement de contaminants précis, sans tenir compte des autres contaminants qui pourraient être présents. Ces contaminants additionnels peuvent toutefois avoir un effet négatif ou positif appréciable sur l'efficacité du traitement pour l'élimination des contaminants visés.
- **Caractéristiques d'exploitation** — A chaque procédé de traitement correspond un degré de flexibilité d'exploitation. Il faut une certaine flexibilité pour être en mesure de traiter des déchets dont la concentration, la composition et la traitabilité générale varient. La capacité de modifier la durée de séjour, la vitesse de recyclage et autres caractéristiques d'exploitation influe sur le niveau de traitement qui peut être atteint.

À cause de ces facteurs d'ordre général, l'efficacité des traitements varie considérablement d'un ouvrage de référence à un autre, même lorsqu'il s'agit de déchets similaires soumis à des procédés de traitement analogues. Autre aspect important, ces procédés font souvent partie d'une chaîne de traitement. L'efficacité d'une étape en particulier dépend donc des traitements qui ont précédé. Aussi n'est-il pas toujours justifié de faire des comparaisons directes entre les rendements obtenus lors d'études de cas; de même, l'efficacité d'un traitement estimée en laboratoire n'est pas toujours représentative des conditions réelles d'exploitation. L'efficacité globale d'un traitement ne peut être estimée avec précision que pour des déchets précis dont la composition est connue et qui sont soumis à une chaîne de traitement établie.

Ceci dit, il demeure néanmoins utile d'examiner les niveaux de traitement qui peuvent être atteints avec les procédés actuels de traitement des déchets dangereux. On peut ainsi déterminer la compatibilité d'un déchet avec un procédé et obtenir une estimation approximative de l'efficacité du traitement, ce qui simplifie par la suite le processus de sélection des procédés qui conviennent à un type de déchets. Il est toutefois important, lors de cet examen, de ne pas oublier les limites des données. Le rendement optimal d'un traitement s'obtient lorsque tous les paramètres favorisent

l'élimination du contaminant; les niveaux d'efficacité moindres représentent des cas où les caractéristiques des déchets ou les modes d'exploitation nuisent au rendement d'épuration. Les applications précises des procédés de traitement mentionnés peuvent donner un rendement se situant entre ces valeurs; pour obtenir une estimation plus qu'approximative de l'efficacité du traitement, il faut procéder à une étude propre au cas.

L'annexe D résume l'efficacité de différents procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques, appliqués à des polluants individuels. Les sections qui suivent traitent de l'efficacité de procédés types appliqués à des déchets représentatifs. Pour obtenir plus de détails sur cette question, nous vous invitons à consulter les ouvrages suivants : Martin and Johnson, 1987; Shuckrow et al., 1981; Monenco Ltd., 1986 et Patterson et al., 1981.

## 3.2 Traitement physico-chimique

Les procédés de traitement physique et chimique sont efficaces pour la plupart des déchets inorganiques et pour bon nombre de déchets organiques. Ainsi, les déchets contenant des métaux, des acides, des agents caustiques, des anions et des composés organiques aqueux, qu'ils soient sous formes de liquides, de solides ou de boues, sont souvent traités par des procédés physiques ou chimiques qui donnent lieu à une réduction substantielle des contaminants.

Les contaminants métalliques se prêtent particulièrement bien aux procédés de traitement physique et chimique. Ainsi, les sels de métaux dissous peuvent être éliminés par divers procédés de filtration, ou en modifiant l'équilibre chimique des déchets. Le tableau 3-1 indique l'efficacité de différents procédés appliqués à des déchets métalliques. Dans ce tableau et les autres tableaux du présent chapitre, le rendement d'épuration est exprimé par une valeur minimale et une valeur maximale. L'efficacité du traitement appliqué à des déchets de composition appropriée ou ayant subi un prétraitement adéquat devrait se rapprocher de la valeur maximale, alors que le rendement d'épuration obtenu avec dans d'autres types de déchets moins appropriés devrait être moins élevé. L'efficacité maximale correspond aux conditions optimales de traitement.

Le tableau 3-1 présente quatre procédés de traitement, tous capables d'éliminer les métaux dans une forte proportion. En conditions optimales, les procédés de précipitation et de décantation éliminent virtuellement tous les contaminants métalliques contenus dans les déchets, avec un degré d'efficacité très élevé. D'autres procédés, comme l'osmose inverse, donnent de bons résultats avec la plupart des métaux, bien que, dans certains cas, il puisse être difficile d'atteindre un rendement d'épuration de 99 ou 100 p. 100. Dans tous les cas, les ouvrages de référence font également état de rendements extrêmement faibles, qui s'expliquent sans doute par la présence de contaminants faisant interférence ou par de mauvaises conditions d'exploitation.

**TABLEAU 3-1**

**EFFICACITÉ D'ÉLIMINATION/DE TRAITEMENT DE CERTAINS PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE APPLIQUÉS AUX MÉTAUX**

| Métal | Efficacité d'élimination/de traitment | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Précipitation/ décantation chimique (%) | Carbon actif (%) | Filtration (%) | Osmose inverse (%) |
| Antimoine | 28 à 99 | 0 à 33 | 0 à 99 | 10 à 60 |
| Argent | 0 à 99 | 12 à 36 | 0 à 91 | 0 à 92 |
| Arsenic | 20 à 99 | 0 à 99 | 0 à 99 | 57 à 99 |
| Béryllium | 33 à 99 | | 0 à 7 | 85 |
| Cadmium | 0 à 99 | 6 à 95 | 0 à 99 | 0 à 99 |
| Chrome | 13 à 99 | 3 à 97 | 0 à 99 | 3 à 98 |
| Cuivre | 0 à100 | 0 à 99 | 0 à 99 | 0 à100 |
| Fer | 26 à 99 | 45 à 68 | | 100 |
| Mercure | 6 à 98 | 0 à 99 | 0 à 89 | 0 à 60 |
| Nickel | 0 à100 | 4 à 68 | 0 à 99 | 9 à 97 |
| Plomb | 0 à 99 | 2 à 93 | 3 à 99 | 0 à100 |
| Sélénium | 0 à 99 | 0 à 96 | 0 à 10 | 67 à 85 |
| Thallium | 30 à 99 | 84 | | 50 à 99 |
| Zinc | 1 à100 | 5 à 99 | 0 à 99 | 31 à100 |

Source : Patterson, J.W.

Les procédés de traitement physico-chimique pour les anions et autres déchets inorganiques non métalliques sont eux aussi bien documentés. Cependant, contrairement aux métaux, aucun procédé unique ne permet d'obtenir un rendement d'épuration uniformément élevé pour tous ces déchets, car les propriétés de ces déchets peuvent varier considérablement. Le tableau 3-2 indique l'efficacité de différents procédés de traitement utilisés pour la réduction des cyanures. Selon la documentation, les procédés chimiques comme l'oxydation donnent les meilleurs résultats, ceux-ci produisant souvent un taux d'élimination de 100 p. 100. Les procédés de traitement physico-chimique bien appliqués peuvent également donner un rendement aussi élevé avec d'autres anions.

**TABLEAU 3-2**

**EFFICACITÉ DES PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE APPLIQUÉS AUX CYANURES**

| Procédé de traitement | Pourcentage d'élimination |
|---|---|
| Adsorption sur charbon actif | |
| - granulaire | 1 à 90 |
| - pulvérulent | 50 à 69 |
| Oxydation chimique | |
| - chloration | 86 à 100 |
| - ozonation | 33 à 100 |
| Coagulation et floculation | 60 |
| Électrolyse | 98 à 100 |
| Filtration | 0 à 99 |
| Flottation | 0 à 62 |
| Déshuilage | 13 |
| Osmose inverse | 23 à 91 |
| Décantation | 20 à 90 |

Source : Patterson, J.W.

Un grand nombre de déchets organiques peuvent également être traités efficacement par des procédés de traitement physico-chimique. Ainsi, la séparation par gravité, ou tout autre procédé de séparation comme la centrifugation, peut être utilisée pour extraire les huiles et autres composés organiques immiscibles d'un déchet aqueux. De même, de nombreux procédés d'adsorption peuvent s'appliquer aux matières organiques, notamment l'adsorption sur charbon actif. L'efficacité des différents traitements appliqués aux composés organiques varie en fonction du type de contaminant et de sa concentration, ainsi que du procédé utilisé. Le tableau 3-3 illustre le niveau de traitement obtenu par divers procédés de traitement physico-chimique appliqués au phénol. Un taux d'efficacité très élevé a été obtenu pour ce composé et autres contaminants organiques au moyen de divers procédés de traitement physique ou chimique.

**TABLEAU 3-3**

**EFFICACITÉ DE DIVERS PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE APPLIQUÉS AU PHÉNOL**

| Procédé de traitement | Pourcentage d'élimination |
|---|---|
| Adsorption sur charbon actif | |
| - granulaire | 18 à 97 |
| - pulvérulent | 93 à 99 |
| Précipitation chimique/décantation | |
| - alun | 8 à100 |
| - chaux | 0 à 99 |
| - chlorure ferrique | 33 |
| - autres précipitants | 33 à 99 |
| Coagulation et floculation | 0 à 91 |
| Filtration | 0 à100 |
| Flottation | 0 à 94 |
| Déshuilage | 0 à100 |
| Osmose inverse | 5 à 80 |
| Décantation | 0 à100 |
| Extraction par solvants | 3 à100 |
| Ultra-filtration | 27 |

Source : U.S. EPA, Hazardous Waste Treatment Technology, 1986

Les tableaux 3-1, 3-2 et 3-3 montrent que les procédés de traitement physico-chimique peuvent éliminer dans une très forte proportion les contaminants contenus dans un grand nombre de déchets de types différents. Il est un type de procédé dont nous n'avons pas encore parlé, et c'est le procédé de solidification-stabilisation. Cependant, comme ces procédés ont pour effet d'isoler les contaminants plutôt que de les éliminer, on ne peut véritablement parler de rendement d'élimination. Il s'agit plutôt de déterminer la compatibilité d'un déchet avec une technique de solidification ou de stabilisation donnée; si le déchet est compatible, le traitement devrait être efficace. Le tableau 3-4 résume la compatibilité de divers procédés avec certaines catégories de déchets. Pour tous les déchets de nature inorganique, il existe au moins une technique de solidification ou stabilisation éprouvée qui peut être compatible (cela dépend en définitive des caractéristiques des déchets à traiter). Certains procédés sont également efficaces pour les composés organiques solides; aucun ne convient toutefois au traitement des solvants organiques et des huiles.

Il nous est impossible, dans le présent rapport, de discuter de tous les types de déchets et de l'efficacité de tous les procédés de traitement physique et chimique. Nous pouvons toutefois conclure, à la lumière des exemples décrits dans le présent document, que les procédés de traitement physico-chimique s'avèrent très efficaces pour la plupart des types de déchets, mais que

ces mêmes procédés peuvent également donner de piètres résultats si les conditions ne sont pas favorables.

**Directive 3-1 : Afin d'atteindre un rendement d'épuration élevé, il importe d'assortir avec soin les types de déchets aux procédés de traitement physico-chimico-biologique et de procéder à des essais pilotes pour déterminer les conditions d'exploitation optimales.**

## 3.3 Traitement biologique

L'efficacité d'un traitement biologique dépend de la capacité d'une population microbienne de décomposer le déchet. Certains paramètres d'exploitation mentionnés précédemment, comme la période d'acclimatation et la durée de séjour, peuvent être réglés de manière à produire un rendement optimal avec un grand nombre de déchets différents. Certains déchets non biodégradables ne peuvent toutefois pas être éliminés de cette façon. Par ailleurs, de nombreux procédés de traitement biologique peuvent éliminer ces composés dans une certaine mesure, par l'adsorption des contaminants sur le floc microbien lequel est ensuite éliminé avec les boues. Comme l'indique le tableau 3-5, les contaminants métalliques peuvent être éliminés de cette façon, dans une proportion qui varie selon le composé métallique. Les procédés de traitement biologique qui supportent de fortes populations bactériennes, comme les procédés aux boues activées et les procédés avec support fixe, devraient quant à eux être en mesure d'adsorber une quantité appréciable des métaux et de produire un rendement d'élimination pouvant atteindre jusqu'à 99 p. 100. La toxicité des métaux concentrés pour la population bactérienne limite toutefois l'application de ce type de procédé aux déchets à faibles concentrations de métaux. Les métaux doivent en outre être contenus dans des déchets organiques favorisant la croissance bactérienne.

D'autres déchets inorganiques, comme les produits acides et caustiques, sont souvent immédiatement toxiques pour les bactéries et ne peuvent être traités ou éliminés dans quelque mesure que ce soit. En revanche, certains déchets hautement toxiques, comme les cyanures, peuvent être traités par des procédés biologiques si leur concentration est suffisamment diluée. En général, toutefois, les procédés de traitement biologique donnent les meilleurs résultats avec des déchets qui peuvent être biodégradés par les bactéries, en l'occurrence les déchets organiques. Cependant, même certains déchets organiques ne sont pas biodégradables dans le laps de temps prévu pour la plupart des procédés de traitement biologique. D'autres composés organiques sont toxiques pour les bactéries à certaines concentrations ou ne peuvent être traités à cause de la présence d'autres contaminants.

**TABLEAU 3-4**

**COMPATIBILITÉ DES CATÉGORIES DE DÉCHETS AVEC LES TECHNIQUES DE SOLIDIFICATION/STABILISATION**

| Composante des déchets | TYPE DE TRAITEMENT | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | À base de ciment | À base de chaux | Thermoplastique | Polymère organique (UF)[a] | Encapsulation en surface | Auto-cimentation | Classification et formation de minéraux synthétiques |
| **Composés organiques** | | | | | | | |
| 1. Solvants organiques et huiles | Bon nombre nuisent à la mise en place; peuvent s'échapper sous forme de vapeur | Bon nombre nuisent à la mise en place; peuvent s'échapper sous forme de vapeur | Vaporisation possible au chauffage | Peuvent retarder la formation des polymères | Doivent d'abord être absorbés sur matrice solide | Risques d'incendies au chauffage | Décomposition des déchets à hautes températures |
| 2. Composés organiques solides (p. ex. plastiques, résines, goudrons) | Bonne-augmentent souvent la durabilité | Bonne-augmentent souvent la durabilité | Utilisation possible comme liant | Peuvent retarder la formation des polymères | Compatibles-Bon nombre des matériaux d'encapsulation sont des plastiques | Risques d'incendies au chauffage | Décomposition des déchets à hautes températures |
| **Composés inorganiques** | | | | | | | |
| 1. Déchets acides | Les ciments neutralisent les acides | Compatibles | Peuvent être neutralisés avant l'incorporation | Compatibles | Peuvent être neutralisés avant incorporation | Peuvent être neutralisés en des sels de sulfate | Peuvent être neutralisés et incorporés |
| 2. Oxydants | Compatibles | Compatibles | Peuvent causer la décomposition de la matrice; risques d'incendies | Peuvent causer la décomposition de la matrice | Peuvent causer la détérioration des substances d'encapsulation | Compatibles en présence de sulfates | Réactions indésirables possibles à hautes températures |
| 3. Sulfates | Peuvent retarder la mise en place et causer l'éclatement à moins de l'utilisation d'un ciment spécial | Compatibles | Peuvent se déshydrater et se réhydrater et causer le fendillement | Compatibles | Compatibles | Compatibles | Compatibles dans bien des cas |
| 4. Halogénures | Facilement lixiviables du ciment; peuvent retarder la mise en place | Peuvent retarder la mise en place; la plupart sont facilement lixiviables | Peuvent se déshydrater | Compatibles | Compatibles | Compatibles en présence de sulfates | Compatibles dans bien des cas |
| 5. Métaux lourds | Compatibles | Compatibles | Compatibles | Solubilisation des hydroxydes métaliques à un pH acide | Compatibles | Compatibles en présence de sulfates | Compatibles dans bien des cas |
| 6. Substances radioactives | Compatibles | Compatibles | Compatibles | Compatibles | Compatibles | Compatibles en présence de sulfates | Compatibles |

Source: Guide to the Disposal of Chemically Stabilized and Solidified Waste, U.S. EPA, Rapport SW-872, septembre 1980, tel que cité dans Martin & Johnson, 1987.

[a] Résines urée et formaldéhyde.

**TABLEAU 3-5**

**EFFICACITÉ D'ÉLIMINATION DES MÉTAUX PAR PROCÉDÉS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE**

| Métal | Efficacité d'élimination/de traitment | | |
|---|---|---|---|
| | Boues activées | Disques biologiques rotatifs | Étangs aérés |
| Antimoine | 33 à 99 | | |
| Argent | 3 à 99 | 47 | 0 à 63 |
| Arsenic | 0 à 98 | | 99 |
| Béryllium | | | 50 |
| Cadmium | 0 à 99 | 96 | 44 à 97 |
| Chrome | 5 à 98 | 98 | 0 à 99 |
| Cuivre | 2 à 99 | 97 à 99 | 21 à 94 |
| Fer | 59 | | |
| Mercure | 26 à 94 | 71 | 0 à 99 |
| Nickel | 0 à 99 | 92 | 0 à 72 |
| Plomb | 10 à 99 | 56 | 0 à 72 |
| Sélénium | | | 50 à 99 |
| Zinc | 0 à 99 | 81 à 98 | 34 à 99 |

Source : Shuckrow et al.

Le tableau 3-6 indique l'efficacité de cinq procédés de traitement appliqués à dix contaminants organiques choisis.

Ces niveaux de traitement ont été enregistrés dans des établissements appartenant à la fois aux secteurs public et privé. Au cours d'une autre étude portant cette fois-ci uniquement sur des stations de traitement publiques des États-Unis, l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA) a procédé à une évaluation de divers polluants organiques et de certains métaux. Le tableau 3-7 résume les conclusions de cette étude, l'efficacité de traitement étant exprimée par une moyenne et non par une fourchette de valeurs (ce qui a été possible dans ce cas, car toutes les données provenaient d'installations similaires et ont été recueillies par la même source). Ces résultats indiquent des niveaux de traitement élevés et analogues pour les composés organiques volatils, mais des niveaux variables pour les autres composés organiques. De façon générale, les procédés aux boues activées ont donné les meilleurs résultats alors que les pires résultats ont été obtenus en étangs aérés, les différences les plus significatives s'observant au niveau de l'élimination des métaux; l'élimination des métaux en étangs aérés a en effet été faible, pour les raisons mentionnées précédemment.

**TABLEAU 3-6**

**EFFICACITÉ D'ÉLIMINATION DE CONTAMINANTS ORGANIQUES SÉLECTIONNÉS PAR PROCÉDÉS DE TRAITEMENT BIOLOGIQUE**

| | Efficacité d'élimination/de traitment | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Polluant Organique** | **Boues activées (%)** | **Boues activées avec CAP (%)** | **Lit bactérien (%)** | **Disques biologiques rotatifs (%)** | **Étang aéré (%)** |
| Benzène | 60 à 100 | 95 à 100 | 92 | 96 | 0 à 96 |
| Tétrachlorure de carbone | 98 | 94 | | | |
| Chloroforme | 5 à 99 | 0 à | 78 | 97 | 0 à 99 |
| Din-butyl phtalate | 60 à 99 | | 25 | | 0 à 99 |
| Éthylbenzène | 69 à 99 | 78 à 84 | 87 | 95 | 72 à 97 |
| Chlorure de méthylène | 0 à 72 | | 0 à 96 | 99 | 65 à 99 |
| Phénol | 8 à 100 | 83 à 96 | 0 à 91 | 99 | 0 à 71 |
| Tétrachloro-éthylène | 0 à 99 | 88 | 92 | 98 | 60 à 99 |
| Toluène | 17 à 100 | 79 à 100 | 98 | 100 | 90 à 99 |
| Trichloro-éthylène | 56 à 99 | 90 | 0 à 96 | 99 | 0 à 92 |

Source : Shuckrow et al

L'épandage des déchets sur le sol est une technique très répandue et qui a fait l'objet d'études approfondies dans le cas des déchets de l'industrie pétrolière. L'efficacité de ce procédé, pour ce qui est du caractère biodégradable des composés organiques et du taux d'épandage optimal sur divers sols, est également bien documentée. Nous possédons toutefois moins d'information sur le sort des métaux et des composés organiques présents à l'état de traces, qui ne sont ni adsorbés ni biodégradés après épandage (Canviro, 1982). Aussi comme ce procédé fait appel à de nombreux mécanismes et que le sort des contaminants est très variable, il est difficile d'évaluer l'efficacité globale du traitement pour tous les contaminants. Le tableau 3-8 résume les résultats d'études sur la biodégradation des déchets du pétrole.

Les procédés de traitement biologique peuvent être très efficaces pour l'élimination des déchets dangereux, surtout ceux de nature organique, bien que certains procédés donnent également de bons résultats sur les métaux. En général, ces procédés doivent s'acclimater au type de déchets et ne sont toujours très efficaces pour le traitement de déchets dont la concentration, le débit ou la composition varie. Il faut également tenir compte de la toxicité des contaminants pour la population microbienne. Un grand nombre de composés organiques peuvent toutefois être traités efficacement par un procédé biologique bien appliqué.

**TABLEAU 3-7**

**TAUX D'ÉLIMINATION MOYEN DE CONTAMINANTS CHOISIS DANS DES STATIONS DE TRAITEMENT PUBLIQUES DES ÉTATS-UNIS**

| Polluant | Boues activées | Oxygène pur | Étang aéré | Lit bactérien | DBR[2] |
|---|---|---|---|---|---|
| **Composés organiques volatils** | | | | | |
| Benzène | (10) 77 | (2) 87 | (0) - | (1) 92 | (0) - |
| Chloroforme | (20) 62 | (3) 50 | (0) - | (4) 69 | (0) - |
| Éthylbenzène | (10) 90 | (3) 86 | (1) 83 | (4) 89 | (0) - |
| Chlorure de méthylène | (14) 48 | (3) 34 | (1) 96 | (4) 32 | (0) - |
| Tétrachloroéthène | (20) 82 | (3) 75 | (1) 91 | (4) 62 | (1) 50 |
| Toluène | (21) 93 | (3) 99+ | (1) 89 | (4) 93 | (1) 99+ |
| Trichloroéthène | (20) 90 | (2) 67 | (1) 97 | (4) 95 | (1) 67 |
| Trichloro-1,1,1 éthane | (17) 88 | (3) 80 | (1) 91 | (3) 91 | (0) - |
| trans-dichloro-1,2 éthane | (19) 80 | (2) 85 | (1) 88 | (0) - | (0) - |
| **Composés organiques extractibles en milieu acide** | | | | | |
| Phénol | (15) 89 | (3) 99+ | (1) 50 | (3) 94 | (1) 99+ |
| **Composés organiques extractibles en milieu basique-neutre** | | | | | |
| bis (2-éthylhexyl) phtalate | (8) 62 | (3) 64 | (1) 23 | (4) 72 | (1) 86 |
| phtalate de butyl-benzyle | (2) 94 | (3) 84 | (1) 93 | (1) 93 | (0) - |
| din-octyl phtalate | (6) 68 | (1) 98 | (1) 50 | (3) 50 | (0) - |
| phtalate de diéthyle | (2) 91 | (0) - | (0) - | (0) - | (0) - |
| Naphtalène | (6) 92 | (1) 70 | (0) - | (0) - | (0) - |
| **Métaux** | | | | | |
| Cadmium | (6) 85 | (2) 83 | (1) 44 | (2) 84 | (0) - |
| Chrome | (22) 84 | (3) 76 | (1) 49 | (4) 63 | (0) - |
| Cuivre | (22) 84 | (3) 92 | (1) 21 | (4) 75 | (1) 97 |
| Plomb | (2) 82 | (1) 97 | (1) 0 | (0) - | (0) - |
| Mercure | (8) 76 | (3) 83 | (1) 0 | (2) 49 | (0) - |
| Nickel | (15) 34 | (2) 18 | (1) 14 | (4) 0 | (0) - |
| Argent | (5) 83 | (2) 80 | (1) 0 | (2) 83 | (0) - |
| Zinc | (22) 81 | (3) 81 | (1) 51 | (4) 73 | (1) 81 |

Source : Fate of Priority Pollutants in PORWS, EPA 440/1-82/303.

( ) Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de stations pour lesquelles les résultats d'analyse pendant une semaine ont été inclus dans la base de données.

2 Disques biologiques rotatifs.

**Directive 3-2 : Un schéma de traitement bien précis doit être établi avant l'arrivée des cuvées de déchets au centre de traitement physico-chimico-biologique. Une fois le schéma de traitement optimal défini, le même traitement peut ensuite être appliqué aux cuvées successives provenant du même générateur. Des essais de traitabilité supplémentaires ne devront être effectués que si l'analyse de caractérisation révèle des changements dans les caractéristiques des déchets.**

**TABLEAU 3-8**

**VITESSE DE BIODÉGRADATION DES DÉCHETS DU PÉTROLE APRÈS ÉPANDAGE**

| Substance | Taux d'épandage | Vitesse de biodégredation |
|---|---|---|
| pétrole brut | 1,18 % C dans le sol<br>4,26 % C dans le sol<br>6,8 % C dans le sol | 31 % C éliminé (7 sem.)<br>22 % C éliminé (7 sem.)<br>16 % C éliminé ( 7 sem.) |
| boues de prétraitement | 20 -25 lb/pi2 | absence de toutes boues après 6 mois |
| huile de carter | 100 bb/ac.mois | — |
| boues de raffinerie API | 0,1-10 g C/100 g sol<br>180 jours | demi-vie = 141 jours |
| boues pétrochimiques API | 0,1-10 g C/100 g sol<br>180 jours | demi-vie = 692 jours |
| boues | — | 116 kg HC/ha/jour |
| boues | — | 25 g HC/20 g sol |
| boues | 100 tonnes HC/Ac | 50 % HC éliminé (2 ans) |
| boues | 42 mg HC/g sol | 48 % HC éliminé |

Source : P.A.C.E. 83-2

## 4.0 RISQUES DE FONCTIONNEMENT

## 4.1 Risques liés aux traitements physico-chimiques :

### 4.1.1 Risques pour l'environnement

Les procédés de traitement physico-chimique entraînent habituellement l'introduction de nouveaux composés chimiques dans l'effluent. Si la nature et la concentration de ces contaminants dépassent les normes d'effluent, d'autres mesures doivent alors être prises pour traiter ou éliminer l'effluent.

*Réduction chimique*

Après la réduction du chrome, par exemple, la solution traitée est habituellement acide et renferme du chrome réduit et d'autres métaux initialement présents dans les déchets. La solution doit donc être neutralisée avant d'être rejetée, afin de précipiter le chrome trivalent et les autres métaux qui pourraient être présents.

La réduction chimique, suivie des étapes de neutralisation et de précipitation, provoque la formation d'une boue qui doit ensuite être éliminée. L'élimination de ces boues peut toutefois causer un problème, car les hydroxydes métalliques qu'elles renferment sont sensibles au lessivage acide. Ces boues doivent se composer dans une forte proportion de chaux excédentaire et de sulfate de calcium. Les émissions gazeuses produites par ce procédé sont peu importantes.

*Oxydation*

L'oxydation chimique alcaline provoque habituellement la précipitation des métaux dans une boue qui doit ensuite être éliminée. C'est le cas notamment des boues qui se forment durant l'oxydation des cyanures, en présence de fer et d'autres ions métalliques de transition.

Les seules émissions gazeuses résultent de la formation de HCN lors de la destruction des cyanures, si le milieu de réaction devient acide. Il est donc très important que le milieu demeure alcalin, que la réaction se déroule dans un système clos et que les gaz évacués soient traités afin d'éliminer tout HCN qui pourrait s'être formé.

*Neutralisation et précipitation*

Après neutralisation, il arrive souvent que la teneur en matières totales dissoutes des déchets augmente, à cause de l'addition d'acide sulfurique ($H_2SO_4$) ou de chaux [$Ca(OH)_2$].

Cette réaction s'accompagne habituellement d'une réduction de la concentration en métaux lourds, lorsque le procédé se déroule à un pH supérieur à 8 (milieu alcalin). Durant le processus de neutralisation des alcalis par des acides, il peut y avoir dissolution des matières solides. Or cela peut poser un problème lors de l'élimination des matières en suspension de l'effluent, car les cations et les anions issus du processus de neutralisation, quoique non toxiques ni dangereux, ne satisfont peut-être pas aux normes de rejet recommandées. Le cation issu du processus de neutralisation par le $Ca(OH)_2$ est le calcium, alors que l'anion présent après neutralisation par le $H_2SO_4$ est bien sûr le sulfate.

Le traitement des métaux lourds inorganiques se fait par l'addition d'hydroxydes ou, dans certains cas, de sulfures utilisés pour précipiter les composés de faible solubilité, lesquels peuvent ensuite être séparés de la phase aqueuse par floculation et décantation.

La neutralisation des déchets doit se faire avec prudence. Ainsi, l'acidification de composés contenant des sulfures provoque la production de sulfure d'hydrogène. A l'intérieur d'un système fermé, le sulfure d'hydrogène est éliminé par le dispositif d'épuration des gaz évacués. Il est donc recommandé d'utiliser un réservoir de réaction fermé pour les procédés de neutralisation acide.

La précipitation, la floculation et la décantation sont essentiellement des procédés de séparation des phases liquide et solide qui donne lieu à la production de deux effluents, soit un liquide purifié de haut volume et des boues de faible volume. Bien que les émissions gazeuses résultant de ces procédés ne posent pas d'inquiétude, l'appareillage utilisé consiste à exposer de grandes superficies ouvertes de liquide à l'atmosphère. Aussi, bien que les émissions posent rarement de problème, il y a risques d'exposition pour les travailleurs.

Les procédés de précipitation, de floculation et de décantation ne comportent que des risques minimes pour la santé et la sécurité. En effet, malgré l'utilisation de certains produits chimiques comme l'alun et l'hydroxyde de calcium qui peuvent irriter la peau, ces produits sont très faciles à manipuler et sont utilisés fréquemment.

Pour réduire encore plus la teneur en métaux lourds de certains composés, on a recours à la précipitation par les sulfures. L'élimination adéquate des boues résultant de ce dernier procédé soulève toutefois certains problèmes, car une exposition de longue durée peut entraîner l'oxydation des sulfures en sulfates et la resolubilisation des métaux.

*Solidification/stabilisation*

Les procédés de solidification-stabilisation visent à réduire la mobilité des polluants contenus dans les boues avant leur mise en décharge. Il faut cependant caractériser minutieusement les déchets, afin de déterminer leur compatibilité chimique avec le procédé de solidification-stabilisation envisagé.

Les déchets stabilisés doivent être éliminés dans des décharges et ce procédé augmente habituellement le volume de déchets à éliminer. Nous ne connaissons pas encore la stabilité à long terme de ces composés. Les déchets provenant des usines de traitement physico-chimique doivent satisfaire à l'épreuve courante des lixiviats et il faut démontrer que chaque catégorie de déchets satisfait à l'épreuve des lixiviats.

**Directive 4-1 : Tous les procédés de stockage des déchets, de stockage des réactifs et de traitement à l'intérieur du centre de traitement physico-chimique doivent se dérouler à l'intérieur de réservoirs entièrement fermés et ventilés. Par ailleurs, toute émission gazeuse qui se forme doit être traitée avant d'être rejetée dans l'atmosphère.**

**Directive 4-2 : Les cuves de stockage et les réservoirs de réaction doivent être maintenus à une pression légèrement négative pour éviter que des émissions gazeuses fugitives ne s'échappent à l'intérieur du bâtiment.**

**Directive 4-3 : Chaque cuve de stockage et réservoir de réaction doit être muni à sa base d'un rebord visant à contenir tout déversement ou débordement accidentel. Par ailleurs, la capacité de cette bordure doit être égale au contenu total du réservoir.**

### 4.1.2 Risques pour la santé humaine

*Produits inflammables et explosifs*

Étant donné la nature des composés inorganiques traités, les risques pour la santé humaine résultant de l'exposition à des substances inflammables et explosives sont minimes.

*Produits corrosifs*

En revanche, bon nombre des produits chimiques utilisés sont corrosifs. Il faut donc manipuler ces produits avec soin afin de réduire les risques pour la santé. Les employés qui travaillent avec des appareils contenant des produits corrosifs doivent donc porter des lunettes à coques et des gants faits d'un tissu imperméable et résistant. Dans bien des cas, ils doivent également porter un vêtement de protection fait d'un matériau imperméable et résistant.

La corrosion des appareils et des tuyaux peut en outre provoquer la libération de produits indésirables à l'intérieur de l'usine, d'où la nécessité de réduire la corrosion au minimum.

Enfin, il faut remplacer les matériaux de construction habituels par des matériaux non corrosifs, comme la fibre de verre ou l'acier inoxydable, ou des revêtements de protection non réactifs, aux endroits sujets à une forte corrosion.

*Réactifs*

En général, les réactifs chimiques réagissent relativement lentement comparativement aux détonants et aux explosifs. Il est en outre habituellement possible de contrôler la réaction amorcée, en cessant l'alimentation. Les oxydants forts, comme les chlorates, les hypochlorites, les perchlorates, les permanganates et les peroxydes, peuvent toutefois provoquer des réactions non contrôlées susceptibles de présenter des risques élevés pour les travailleurs; il faut donc manipuler ces produits avec prudence.

La plupart des déchets qui arrivent à l'usine de traitement devraient être en phase aqueuse. Cependant, il peut arriver également que l'usine reçoive des composés qui réagissent avec l'eau; au nombre de ceux-ci, mentionnons les métaux de sodium, les composés d'aluminium alcalins, l'acide chlorosulfonique, le trichlorure de phosphore et le carbure de calcium, ainsi que les acides minéraux concentrés comme l'acide sulfurique, l'acide nitrique et leurs mélanges. Tout risque pour la santé humaine résulterait habituellement d'une exposition à des substances toxiques ou corrosives provoquées par la réaction.

*Produits toxiques*

Les différentes substances varient considérablement, quant à leur toxicité, à leur pouvoir de pénétration dans l'organisme et aux effets qu'elles produisent. En général, la toxicité maximale correspond à la voie d'introduction dans le sang la plus rapide. Voici, par ordre de vitesse décroissant, les voies d'introduction de la plupart des substances en milieu de travail :

- Inhalation dans le système respiratoire

- Ingestion par la bouche vers le tube digestif
- Absorption par contact cutané par l'épiderme intact

Trois facteurs influent sur la toxicité de toute substance, quelle qu'elle soit :
- Dose (concentration x temps)
- Vitesse d'absorption
- Voie d'administration

Que la substance toxique soit sous forme de liquide, de vapeurs, de poussières ou de fumées (aérosols), il existe divers équipements de protection individuelle et dispositifs de contrôle techniques qui permettent à l'employé de se protéger contre les expositions à des produits chimiques. Les appareils de protection respiratoire devraient protéger adéquatement les travailleurs contre les risques associés aux produits chimiques.

Les installations sanitaires nécessaires doivent être aménagées à l'intérieur de l'usine. Tous les employés doivent en outre être tenus de respecter des normes d'hygiène personnelle rigoureuses. Il faut ainsi les obliger à se laver les mains et le visage avant de fumer, de manger ou de boire. Il faut en outre exiger des employés qu'ils prennent une douche tous les jours et qu'ils changent quotidiennement leurs vêtements de travail.

Le tableau 4.0-1 présente une liste des propriétés dangereuses des produits chimiques utilisés habituellement dans un centre de traitement physico-chimique.

**Directive 4-4 : Des douches oculaires et des appareils respiratoires d'urgence doivent être placés aux endroits stratégiques, à l'intérieur du centre de traitement.**

**Directive 4-5 : Prendre soin qu'aucune substance contaminée ne soit propagée accidentellement hors des aires de travail de l'usine de traitement physico-chimique. Exiger que les employés changent leurs vêtements de travail quotidiennement.**

TABLEAU 4.0-1

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES COMPOSÉS ET DÉCHETS TRAITÉS OU UTILISÉS DANS LES CENTRES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE

| Composé chimique | Toxicité | Persistance | Sensibilité à l'allumage | Réactivité | Solubilité | Volatilité |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bisulfure de sodium (solution) | 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Hypochlorite de sodium (solution) | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| Acide sulfurique | 2 – 3 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| Hydroxyde de calcium (solution) | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Sulfhydrate de sodium (solution) | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 |
| Floculants et polyélectrolytes | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 – 2 | 0 |
| Déchets du placage au cadmium $Cd(CN)_2$ | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Déchets du chromatage (acides-chrome) | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Déchets du nickelage (sulfates Ni/Cu) | 3 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 |

0 = nul
1 = léger
2 = modéré
3 = élevé ou grave

Réf.: Sax — Dangerous Properties of Industrial Materials 5th Edition et National Fire Protection Association's Guide on Hazardous Materials

## 4.2 Risques liés aux traitements biologiques

### 4.2.1 Risques pour l'environnement

Le procédé aux boues activées comporte peu de risques pour l'environnement, car il fait appel à des processus métaboliques microbiens naturels pour le traitement des déchets. Ce procédé vise en effet à encourager et à stimuler le processus naturel de dégradation. Les émissions gazeuses qui en résultent sont constituées par le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau et l'azote. L'effluent liquide renferme quelques matières inorganiques dissoutes ainsi que les matières organiques solubles qui ont échappé à l'action des bactéries. Les boues constituent la seule émission d'importance. Elles se composent d'organismes morts et vivants floculés par leur revêtement cellulaire visqueux, ainsi que de composés inorganiques non biodégradables et de composés organiques réfractaires par leur capacité d'adsorption.

Durant ce procédé, aucun produit chimique n'est utilisé, à l'exception de l'acide sulfurique ou de l'hydroxyde de calcium injecté dans le conduit d'alimentation menant au réservoir d'équilibre, lorsqu'il faut corriger le pH. Les éléments nutritifs, les adjuvants de coagulation et les adjuvants de filtration n'auraient quant à eux que peu de répercussions sur l'environnement, même en cas de déversements. Les trois phénomènes qui, semble-t-il, présentent le plus haut potentiel de risque pour l'environnement sont les suivants :

- déversements des eaux usées d'arrivée contenant les composés organiques dangereux;
- déversements de solutions d'acide sulfurique ou d'hydroxyde de calcium;
- dérèglement du procédé aux boues activées provoquant une faible réduction de la D.B.O. ou le passage d'une quantité excessive de matières en suspension (micro-organismes non décantés) dans l'effluent. Cette dernière condition pourrait normalement être maîtrisée à l'intérieur du bassin à boues.

Il est en outre possible que les boues renferment des métaux adsorbés et autres composés inorganiques, ainsi que des composés organiques réfractaires et non biodégradables. Pour éviter cela et éviter aussi les effets néfastes que pourraient avoir les métaux et les composés organiques non biodégradables sur le métabolisme microbien, les règles suivantes doivent être respectées :

- les déchets organiques dangereux contenant des métaux et autres composés inorganiques doivent subir un traitement physico-chimique avant d'être soumis à un traitement biologique.
- comme les déchets dangereux contenant des composés organiques non biodégradables ne peuvent de toute évidence être traités de cette façon, il faut avoir recours à d'autres procédés. L'usine de traitement physico-chimico-biologique peut ne pas être en mesure de recevoir de grandes quantités de déchets de cette nature.
- les composés organiques réfractaires doivent être dilués dans des quantités suffisantes de composés organiques facilement biodégradables.

### 4.2.2 Risques pour la santé

Les risques pour la santé associés au traitement des déchets organiques dangereux par le procédé aux boues activées incluent l'exposition aux déchets dangereux eux-mêmes, ainsi que

l'exposition aux produits chimiques utilisés pour le traitement, à savoir l'acide sulfurique, la chaux, les floculants chimiques et les polyélectrolytes. Comme l'indique le tableau 4.0-1, seul l'acide sulfurique a un degré de toxicité élevé, la toxicité des autres produits chimiques étant faible. La toxicité des composés organiques dangereux présents dans l'influent varie quant à elle de minime à élevée; ces composés doivent cependant être présents en faible concentration dans les eaux usées.

Enfin, les exigences définies à la section 4.1.2 (traitement physico-chimique), relativement au port de vêtements et d'équipement de protection et au respect de normes d'hygiène personnelle rigoureuses par les employés, doivent également s'appliquer aux procédés de traitement biologique.

## 5.0 SÉLECTION DU SITE

Le choix du site devant servir à l'établissement d'un centre de traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux doit se faire en tenant compte de tous les critères économiques, environnementaux et sociaux qui s'appliqueraient au choix de tout site destiné à un projet susceptible d'avoir d'importantes répercussions environnementales et socio-économiques, par exemple l'implantation d'une usine de produits chimiques, de raffineries, d'usines de fabrication d'engrais, etc.. A cela s'ajoute un autre facteur très important, celui de l'acceptation par le public. Il est en effet essentiel que l'emplacement choisi pour la station de traitement soit accepté par le public et l'ensemble de la communauté visée.

L'objectif de la présente étude n'est pas de faire une discussion détaillée du processus de sélection du site; nous vous présentons toutefois une brève discussion des critères économiques, techniques, environnementaux et sociaux dont il faut tenir compte, ainsi que des facteurs influant sur l'acceptation par le public.

### 5.1 Critères économiques

Ces facteurs concernent principalement le propriétaire ou l'exploitant de la station de traitement. Ils déterminent les coûts en capital et les frais d'exploitation (y compris les coûts du transport des déchets dangereux) et donc la viabilité économique globale de l'usine de traitement. Parmi les plus importants, mentionnons les suivants :

- proximité des générateurs de déchets;
- proximité d'infrastructures de transport adéquates (chemins de fer, autoroutes, voies navigables, pipelines);
- disponibilité d'une main-d'oeuvre qualifiée et productive;
- accès aux services publics, comme l'électricité et le gaz naturel ou autre combustible;
- éloignement des zones peuplées; ce critère influe à la fois sur les coûts en capital et les frais d'exploitation, car le choix d'un site éloigné peut occasionner des coûts pour l'établissement d'un camp de construction ainsi que des frais de logement ou de transport pour les employés permanents;
- coûts du terrain;
- coûts associés à la préparation du site (défrichage, transport de terre, excavation de roches, etc.)

### 5.2 Cartographie thématique

Il s'agit des facteurs dont il faut tenir compte pour assurer la viabilité technique du centre de traitement, minimiser les impacts environnementaux et socio-économiques négatifs pour la communauté et maximiser les avantages économiques potentiels. Ces critères reposent sur quatre aspects généraux, soit les facteurs physiques, les facteurs biologiques, l'utilisation de la terre et l'environnement humain. Ces critères peuvent être présentés et évalués à l'aide d'une technique de recouvrement aussi appelée "cartographie thématique." Le reste de la section présente une discussion plus détaillée de ces différents critères.

### 5.2.1 Facteurs physiques

L'effluent issu du centre de traitement physico-chimico-biologique est parfois rejeté dans un puits profond ou les eaux de surface. Le cas échéant, le site doit être situé sur une structure géologique qui convienne à l'élimination en puits profond ou à proximité d'un cours d'eau ou autre étendue d'eau d'une capacité d'assimilation adéquate. Au nombre des autres contraintes physiques, mentionnons la nécessité d'éviter les plaines inondables et les terres humides.

Il faut en outre que le relief du terrain soit stable (non sujet aux glissements de terrain, etc.) et relativement plat et que le sol ait une capacité de drainage et d'écoulement adéquate pour permettre la dérivation des écoulements d'averse. Enfin, le site ne doit pas être exposé à des conditions climatiques extrêmes ni à des conditions climatiques susceptibles de nuire à la dispersion des émissions gazeuses.

### 5.2.2 Facteurs biologiques

Au nombre des sites à exclure du processus de sélection, mentionnons les régions affichant une très forte productivité biologique, comme les zones forestières et les habitats des espèces fauniques, des oiseaux et des espèces aquatiques. Doivent également être exclues les zones environnementales sensibles telles les voies de migration et de rassemblement, les tanières, les aires de reproduction, les aires de nidification et les frayères. Enfin, les régions abritant des espèces ou des habitats rares, menacés ou en danger de disparition doivent elles aussi être exclues.

### 5.2.3 Facteurs liés à l'utilisation du sol

Le centre de traitement physico-chimico-biologique ne doit pas être situé dans une région où il pourrait entrer en conflit avec les utilisations actuelles, prévues ou proposées. Sont également exclues les zones agricoles à fort potentiel ainsi que les zones situées à l'intérieur de parcs nationaux ou provinciaux ou autres réserves écologiques similaires.

### 5.2.4 Facteurs influant sur l'environnement humain

Le centre de traitement ne doit pas être situé à un endroit où il aura des répercussions sociales inacceptables. Il faut ainsi tenir compte des répercussions négatives (pollution par le bruit ou au niveau visuel, réduction de la valeur du marché immobilier, relocalisation des résidents ou des entreprises) que pourraient avoir le centre et ses voies d'accès sur les populations locales, les entreprises, les écoles, les hôpitaux, etc. de la région. Il pourrait également s'agir de la détérioration ou de la relocalisation des installations récréatives et autres installations communautaires, de sites historiques et archéologiques, etc.

Enfin, le centre de traitement doit également avoir des effets positifs sur l'assise économique de la région et de la communauté, par exemple en augmentant les possibilités d'emplois et les perspectives commerciales dans la région, en contribuant à l'amélioration des services publics grâce aux impôts versés par le centre, en favorisant la diversification des industries et en améliorant les pratiques locales et régionales de gestion des déchets.

## 5.3 Critères liés à l'acceptation par le public

Afin d'obtenir l'appui des résidents de la municipalité, du comté, du district en voie d'organisation ou de toute autre compétence locale dans lequel sera situé le centre de traitement physico-chimico-biologique, il est essentiel que la participation du public fasse, dès le début, partie intégrante du processus de sélection du site. Il doit s'agir d'un processus par étapes qui réunit les étapes générales suivantes (fondées sur le processus de sélection du site concluant qui a mené à l'établissement du Alberta Special Waste Treatment Centre, à Swan Hills, en Alberta) :

- mise sur pied, par le gouvernement provincial, de programmes d'information du public visant à sensibiliser davantage le public sur les avantages de la gestion des déchets. L'information transmise doit décrire les politiques et les objectifs fondamentaux du programme (p. ex. en matière de sécurité publique et de protection de l'environnement), préciser de quelle façon le gouvernement prévoit construire et exploiter le centre de traitement des déchets et définir le processus qui sera utilisé pour la sélection du site.
- cartographie thématique préliminaire de la province (ou des régions pertinentes), conformément aux critères définis à la section 5.2 et à des critères fermes (choses à faire et à ne pas faire).
- organisation, par le gouvernement provincial, de séances d'information (ateliers) auxquelles sont conviées des représentants de chaque municipalité, comté, etc. dans lesquels se trouvent les sites potentiels désignés lors de l'étape de cartographie préliminaire.
- processus d'"invitation"; la province procède à une cartographie thématique plus détaillée des zones sans contrainte à la demande seulement des municipalités concernées. L'évaluation plus détaillée doit tenir compte des critères de sélection relatifs et absolus.
- établissement d'une courte liste de sites potentiels précis.
- conduite d'études détaillées particulières à chaque site (incluant au besoin un forage en profondeur), élaboration des plans, etc. pour chaque site potentiel retenu.
- évaluation des résultats des études effectuées et choix du site final.

**Directive 5-1 : La sélection du site doit se faire en tenant compte des critères géotechniques, des répercussions biologiques et socio-économiques du projet, de son impact sur l'utilisation du sol, des facteurs humains et environnementaux en cause, ainsi des utilisations antérieures, actuelles et potentielles du site.**

**Directive 5-2 : Dès les premières phases du processus de sélection du site, un mécanisme comme la cartographie thématique doit être utilisé pour justifier l'exclusion ou l'inclusion des sites proposés. Ce processus doit également servir à l'évaluation comparative détaillée des différents sites retenus.**

**Directive 5-3 : Une démarche par étapes doit être utilisée pour obtenir la participation du public et sensibiliser ce dernier sur la nécessité du centre de traitement, en lui donnant l'assurance que ni les valeurs publiques, ni la qualité de l'environnement, n'en souffriront.**

## 6.0 SUIVI

## 6.1 Suivi de l'exploitation

### 6.1.1 Traitement physico-chimique

Le suivi de l'exploitation commence par une analyse de caractérisation ou analyse chimique complète de chaque fût ou camion-citerne, afin d'identifier de façon précise le déchet à traiter. Ces analyses servent de base à l'élaboration du mode de traitement qui est établi par le personnel technique de l'usine, à l'intention des préposés à l'exploitation.

Voici les principaux paramètres qui sont évalués et contrôlés durant les différentes étapes du processus de traitement physico-chimique :

Oxydation — niveau, température, pH, potentiel d'oxydoréduction, temps
Réduction — niveau, température, pH, potentiel d'oxydoréduction, temps
Neutralisation et précipitation — niveau, température, pH, temps
Séparation par gravité — niveau des boues, vitesse de décantation, addition de floculants
— analyse complète de tous les critères d'effluent pertinents pour les cuves de retenue de l'effluent
Filtration sous pression — chute de pression
Solidification/stabilisation — test d'extraction des lixiviats
Épuration des gaz — analyse des solutions acides et alcalines

### 6.1.2 Traitement biologique

Le principal facteur à surveiller lors du procédé de traitement par les boues activées a trait au maintien d'un milieu adéquat pour la croissance des micro-organismes. Le système doit faire l'objet d'une surveillance adéquate pour éviter les surcharges dans le bassin d'aération et assurer une bonne séparation des phases liquide et solide dans le clarificateur. Le principal point de réglage se situe au niveau du réservoir d'équilibre. Le pH, la teneur en D.B.O., la teneur en composés organiques réfractaires et le débit y sont maintenus à l'aide d'un contrôle rigoureux de l'influent.

Il faut également vérifier et maintenir la teneur en oxygène dissous et en éléments nutritifs dans le bassin d'aération, en plus de vérifier et de contrôler l'addition de floculants clarifiés. Une analyse complète de tous les critères d'effluent applicables doit être effectuée sur des échantillons composites prélevés de l'eau traitée entrant dans les cuves de retenue de l'effluent. Par ailleurs, le fonctionnement des dispositifs de flottation par insufflation d'air dissous nécessite le maintien d'un rapport air/solides adéquat et de la bonne vitesse d'addition des floculants. Enfin, les cycles du filtres-presses sont réglés en fonction de la baisse de pression.

## 6.2 Suivi environnemental

Les besoins en matière de contrôle de la qualité de l'eau varient selon que le centre de traitement rejette ses effluents dans un bassin hydrographique, un réseau d'égouts municipal ou un puits profond. De plus, les écoulements d'averses à l'intérieur de la zone du centre de traitement

doivent être retenus et testés avant d'être déversés dans le bassin hydrographique. Sur la base de ces critères, le suivi environnemental de l'eau fait sur une base saisonnière peut s'avérer adéquat.

La même approche s'applique aux émissions atmosphériques, puisqu'on ne peut se fier au phénomène de dispersion pour satisfaire aux critères applicables au niveau du sol, dans le cas par exemple des émissions d'anhydride sulfureux.

## 6.3 Contrôle à la source

Cette étape suppose le contrôle à la source de tous les rejets d'eau et d'air provenant du centre de traitement physico-chimico-biologique. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les plans de conception et d'exploitation d'une usine type reposent sur l'aménagement de bassins de retenue des effluents issus des procédés physico-chimiques et des procédés biologiques, afin de pouvoir effectuer une analyse complète de l'effluent avant son rejet. Bien que la fréquence des analyses varie selon la taille des bassins de retenue, celles-ci sont habituellement effectuées à toutes les 12 à 24 heures dans le cas des procédés physico-chimiques en discontinu et à toutes les 8 à 10 heures pour les procédés biologiques continus. Des échantillons composites sont prélevés à même l'eau entrant dans les bassins de retenue des déchets biologiques. Dans le cas des procédés physico-chimiques, on procède à un échantillonnage au hasard des bassins de retenue. D'autres échantillons instantanés sont également prélevés des deux courants aqueux pénétrant dans les bassins de retenue, pour contrôler l'efficacité du traitement.

Des échantillons instantanés d'air doivent également être prélevés quotidiennement au point de rejet des dispositifs d'épuration des gaz évacués, ainsi que des filtres à poches installés sur les cuves journalières de stockage des cendres volantes et de la chaux.

L'analyse des échantillons d'air et d'eau peut se faire suivant les techniques décrites dans les ouvrages suivants :

- "Standard Method for the Examination of Water and Waste Waters," 16th Edition APHA, AWWA, WPCF (1985)
- "Method Manual for Chemical Analysis of Atmospheric Pollutants," Alberta Environment

ou tout autre manuel d'analyses reconnu.

Le laboratoire de contrôle de la qualité du centre de traitement physico-chimico-biologique doit parfois effectuer des analyses très perfectionnées, notamment lorsqu'il s'agit d'identifier des arrivages de déchets dangereux de nature inconnue. Pour cette raison, il faudrait exiger également la mise en place d'un programme d'assurance-qualité qui relèverait probablement d'un laboratoire indépendant. Le contrôle de la qualité fait référence aux contrôles internes effectués durant une analyse pour étayer la qualité des données. L'assurance-qualité désigne quant à elle les opérations effectuées sur une base occasionnelle par une personne indépendante, dans le but d'évaluer la qualité globale des analyses, y compris du processus de contrôle de la qualité.

Le suivi médical est une autre exigence importante qui doit s'appliquer au personnel d'un centre de traitement physico-chimico-biologique des déchets dangereux. Ainsi, chaque employé doit subir un examen médical complet préalable à l'embauche. Des examens médicaux doivent ensuite être effectués régulièrement, soit tous les six à douze mois, en portant une attention spéciale au dépistage hâtif de toute condition susceptible de résulter d'une surexposition à l'une ou l'autre des substances manipulées.

**Directive 6-1 : Le procédé de traitement des déchets doit être établi sur la base des résultats de l'échantillonnage et des essais de traitabilité, avant le début du traitement physico-chimico-biologique.**

**Directive 6-2 : Des analyses de contrôle de la qualité doivent être effectuées durant tout le processus de traitement, pour s'assurer que celui-ci se déroule comme prévu.**

**Directive 6-3 : Des analyses de contrôle de la qualité doivent être effectuées après le traitement, pour s'assurer que l'effluent traité satisfait aux normes prescrites.**

**Directive 6-4 : Tous les employés d'un centre de traitement physico-chimico-biologique doivent subir un examen médical préalable à l'embauche, ainsi que des examens médicaux réguliers par la suite.**

**Directive 6-5 : Outre le programme habituel de contrôle à la source, un programme d'assurance-qualité doit également être mis en oeuvre, de préférence par un laboratoire de l'extérieur.**

## 7.0 CRITÈRES RELATIFS AUX EFFLUENTS

Le rendement d'un système de traitement physico-chimico-biologique ne peut être évalué qu'en déterminant sa capacité d'éliminer certains contaminants chimiques précis que l'on croit présents dans les déchets non traités. Cependant, en raison de la nature même des procédés de traitement physico-chimico-biologique, il est impossible de déterminer le rendement d'épuration pour l'ensemble des contaminants. Le niveau de traitement de chaque contaminant contenu dans un mélange complexe de déchets dépend d'un certain nombre de facteurs interdépendants.

La concentration finale dans l'effluent est habituellement plus facile à prévoir dans le cas d'un contaminant **inorganique** que d'un contaminant organique, car nous possédons davantage de données sur la traitabilité des premiers. De plus, le rendement d'épuration des composés inorganiques est moins tributaire de la concentration de ces composés dans l'influent. Les données obtenues de centres européens de traitement physico-chimique s'avèrent utiles pour déterminer les niveaux de traitement pouvant être atteints avec des contaminants inorganiques.

En revanche, il est plus difficile de prévoir la concentration de contaminants **organiques** dans l'effluent traité issu d'un centre de traitement physico-chimico-biologique. Par ailleurs, comme les centres de traitement des déchets dangereux qui existent en Europe ne mesurent pas la concentration de contaminants organiques particuliers dans l'effluent traité, il est impossible de vérifier les données citées dans la documentation. Un certain nombre de critères ont été inclus dans les normes de conception des centres de traitement, pour s'assurer que le niveau de risques résultant de l'exploitation du centre soit acceptable, tant du point de vue de la santé que de l'environnement.

### 7.1 Rejet des effluents liquides

L'établissement des normes de rejet pour les effluents liquides se fonde sur plusieurs facteurs incluant :

- les répercussions environnementales négatives possibles sur le milieu récepteur, les organismes aquatiques et les utilisateurs de l'eau.
- les renseignements propres au site, comme la présence ou l'absence d'autres générateurs de déchets dans la région, les taux d'évaporation, la capacité d'assimilation du milieu récepteur et les procédés devant être utilisés.
- la faisabilité technique et économique de la dépollution aux niveaux prescrits.

La plupart de ces facteurs doivent être examinés en fonction de chaque site en particulier. Le plus faible niveau de traitement peut servir d'indicateur en regard duquel le rendement prévu du centre de traitement physico-chimico-biologique peut être évalué.

#### 7.1.1 Contaminants inorganiques

Dans le cas des contaminants inorganiques, et plus particulièrement des métaux, diverses techniques peuvent être utilisées pour l'affinage de l'effluent terminal avant son rejet.

Les procédés de précipitation, de décantation, de coagulation et de filtration sont souvent les techniques choisies pour le traitement des déchets inorganiques. Les métaux précipités sous forme d'hydroxydes ou de sulfures sont extraits sous forme de boues pour traitement ultérieur et élimination finale. Le degré de précipitation d'un métal en solution dépend grandement

du pH. La figure 7-1 illustre les concentrations de métaux solubles qui peuvent **théoriquement** être atteintes aux différents pH. Toutes les concentrations optimales peuvent être utilisées pour estimer le niveau de traitement pouvant être atteint par précipitation et décantation. Une dernière étape de neutralisation peut s'avérer nécessaire avant le rejet de l'effluent afin de corriger le pH, lequel avait été réglé au niveau optimal requis pour assurer une faible solubilité des métaux, et le ramener au niveau prescrit pour les effluents.

La documentation fait état de nombreuses études effectuées en laboratoire et dans les centres de traitement, dans le but d'optimiser l'élimination des métaux contenus dans les eaux usées. Le tableau 7-1 résume les concentrations les plus faibles de métaux et de cyanures observées dans l'effluent après différents procédés de polissage, selon plusieurs études exhaustives sur les techniques disponibles. Bien que ces concentrations aient été établies à partir de conditions variables et pour des déchets précis, elles sont néanmoins représentatives des niveaux de traitement qui peuvent être atteints dans l'effluent. Les conditions propres à chaque site doivent également être prises en considération.Source : Peters and Ferg., 1986

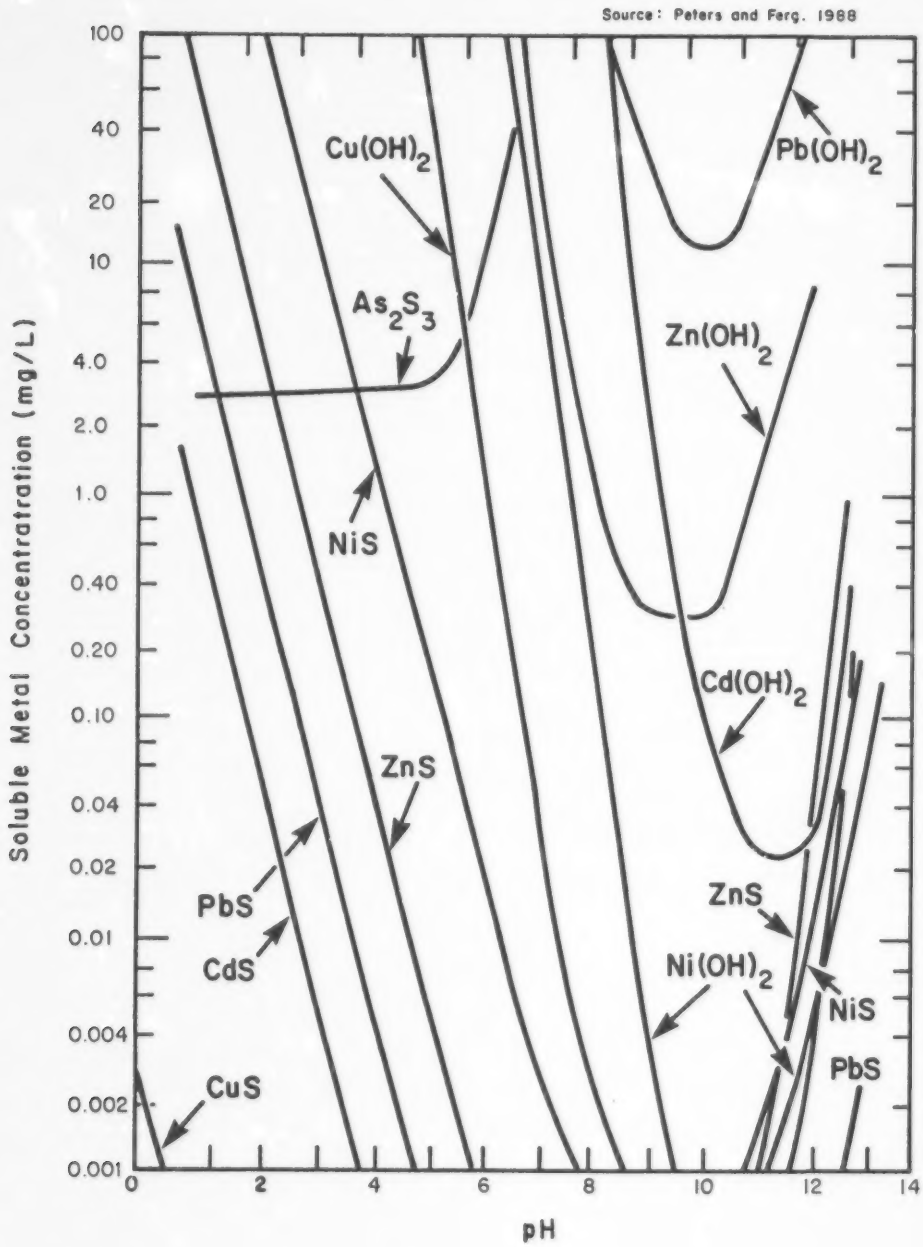



**Figure 7-1 Solubilities of Metal Hydroxides and Metal Sulfides as a Function of pH.**

**TABLEAU 7-1**

**CONCENTRATIONS EN MÉTAUX ET EN CYANURES LES PLUS FAIBLES DANS L'EFFLUENT APRES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS DE TRAITEMENT**

| Polluant | Procédé de traitement | Concentration finale la plus faible possible (mg/L)* | Réf. |
|---|---|---|---|
| **Antimoine** | Précipitation/coagulation | 0,21 | 1 |
| **Arsenic** | Coagulation + décant. et filt. | 0,05 | 5 |
| **Baryum** | Précipitation et filtration | 1 | 5 |
| **Béryllium** | Précipitation/coagulation | 0,001 | 1 |
| **Cadmium** | Précip.+ Filt. et charbon actif | 0,002 | 5 |
| **Chrome** | Charbon actif | 0,006 | 3 |
| **Cuivre** | Précipitation/décantation | 0,0001 | 4 |
| **Fer** | Osmose inverse | 0 | 1 |
| **Plomb** | Précipitation | 0,001 | 7 |
| **Manganèse** | Précipitation/décantation | 0,05 | 5 |
| **Mercure** | Précipitation/décantation | 0,0001 | 4 |
| **Nickel** | Précipitation et filtration | 0,1 | 5 |
| **Sélénium** | Précip. + Filt. et charbon actif | 0,002 | 5 |
| **Argent** | Précipitation/coagulation | 0,0037 | 1 |
| **Thallium** | Précipitation/coagulation | 0,2 | 1 |
| **Zinc** | Précipitation et filtration | 0,1 | 5 |
| **Cyanures** | Oxydation par chloration | 0 | 3 |

* Concentration dans l'effluent la plus faible citée dans la documentation, à l'exception des rapports faisant état de concentrations inférieures à la limite de détection. A noter que la concentration finale dans l'effluent dépend de la concentration dans l'influent et d'autres facteurs mentionnés dans le texte.

Références :


1) Shuckrow et al., 1981
2) Martin et Johnson, 1987
3) U.S. EPA, 1986
4) Monenco, 1986
5) Lin et Lawson, 1973
6) U.S. EPA, 1982
7) Eckenfelder et al., 1985

**TABLEAU 7-2**

**LIMITES DE DÉTECTION TYPIQUES DES MÉTAUX TRACES**

| Métal | Limite de Détection (mg/l) | Sensibilité (mg/l) | Concentrations Optimales Intervalles (mg/l) | Limite de Détection dans l'effluent (mg/l) |
|---|---|---|---|---|
| | CONCENTRATIONS D'ABSORPTION ATOMIQUE POUVANT ÊTRE ATTEINTES PAR PROCÉDÉ D'ATOMISATION HABITUEL *** (ÉCHANTILLONS AQUEUX) | | | |
| Aluminium | 0,1 | 1 | 5 – 100 | 0,15 |
| Antimoine | 0,2 | 0,5 | 1 – 40 | 0,003 |
| Arsenic* | 0,002 | - | 0,002 – 0,02 | 0,001 |
| Baryum | 0,03 | 0,4 | 1 – 20 | 0,005 |
| Béryllium | 0,005 | 0,025 | 0,05 – 2 | 0,003 |
| Cadmium | 0,002 | 0,025 | 0,05 – 2 | 0,001 |
| Calcium | 0,003 | 0,08 | 0,02 – 20 | 0,10 |
| Chrome | 0,02 | 0,1 | 0,2 – 10 | 0,001 |
| Cobalt | 0,03 | 0,2 | 0,5 – 10 | 0,02 |
| Cuivre | 0,01 | 0,1 | 0,2 – 10 | 0,001 |
| Fer | 0,02 | 0,12 | 0,3 – 10 | 0,010 |
| Plomb | 0,05 | 0,5 | 1 – 20 | 0,001 |
| Magnésium | 0,0005 | 0,007 | 0,02 – 2 | 0,01 |
| Manganèse | 0,01 | 0,05 | 0,1 – 10 | 0,003 |
| Mercure** | 0,0002 | - | 0,0002 – 0,01 | 0,0002 |
| Molybdène | 0,1 | 0,3 | 0,5 – 20 | 0,04 |
| Nickel | 0,02 | 0,15 | 0,3 – 10 | 0,005 |
| Potassium | 0,005 | 0,04 | 0,1 – 2 | 0,50 |
| Sélénium* | 0,002 | - | 0,002 – 0,02 | 0,001 |
| Argent | 0,01 | 0,06 | 0,1 – 4 | 0,001 |
| Sodium | 0,002 | 0,015 | 0,03 – 1 | 0,50 |
| Thallium | 0,1 | 0,5 | 1 – 20 | 0,001 |
| Étain | 0,8 | 4 | 10 – 200 | - |
| Titanium | 0,3 | 2 | 5 – 100 | 0,006 |
| Vanadium | 0,2 | 0,8 | 1 – 100 | 0,01 |
| Zinc | 0,005 | 0,02 | 0,05 – 2 | 0,001 |

* procédé par hydrure gazeux

** procédé par vapeur froide

*** les concentrations indiquées ci-haut ne sont pas des valeurs inventées et elles devraient pouvoir être obtenues par procédé d'aspiration normal avec tout spectrophotomètre d'absorption atomique ou spectrographe par émission de plasma satisfaisant.

Source : PACE Rapport no 83-2

Les limites de détection des techniques d'analyse utilisées sont un facteur qui nuit souvent à l'évaluation du niveau pouvant être atteint dans l'effluent. Ainsi, bon nombre de rapports sur les procédés de traitement allèguent que les concentrations des contaminants dans l'effluent sont inférieures aux limites de détection, sans pour autant préciser quelles sont ces limites de détection. Dans les cas où l'on désire obtenir la plus faible concentration possible dans l'effluent, les limites de détection inférieures peuvent alors servir de guide. Le tableau 7-2 indique les limites de détection pour les métaux.

### 7.1.2 Contaminants organiques

L'adsorption sur charbon actif est un des procédés d'affinage les plus souvent utilisés pour le traitement des contaminants organiques. Ce procédé, qui s'applique à une grande variété de déchets organiques, peut réduire dans une très forte proportion les concentrations de contaminants dans l'effluent; il constitue donc une des meilleures techniques disponibles pour l'élimination des déchets organiques. Le tableau 7-3 indique les concentrations dans l'effluent après l'application du procédé d'adsorption sur charbon actif sur divers contaminants organiques. Précisons de nouveau que ces niveaux de traitement doivent servir de points de référence pour les contaminants organiques les plus inquiétants pour l'environnement, dans des situations où le milieu récepteur est très sensible.

La détermination des critères d'effluent réalisables pour les contaminants organiques est une tâche extrêmement difficile. En effet, les limites de détection des contaminants organiques varient considérablement en fonction de divers facteurs tels que la taille de l'échantillon, la matrice de l'échantillon, le type d'échantillon et les techniques d'analyse utilisées. Par ailleurs, en raison du vaste nombre de composés organiques, il est difficile de déterminer les critères d'effluents pour tous les types de déchets et de composés. L'annexe D, qui résume les niveaux de traitement réalisables pour un grand nombre de composés organiques, peut servir de point de référence sommaire à cet égard. Shuckrow et al. (1981) présentent des renseignements similaires. En résumé, bien que ces sources de référence et le tableau 7-3 puissent être utiles pour l'établissement des concentrations dans l'effluent, d'autres facteurs doivent également être pris en considération, une fois les caractéristiques particulières des déchets connues.

**TABLEAU 7-3**

**CONCENTRATIONS DE CONTAMINANTS ORGANIQUES POUVANT ÊTRE ATTEINTES APRES ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF**

| Composé organique | Concentration dans l'influent | Concentration dans l'effluent de charbon |
|---|---|---|
| Tétrachlorure de carbone | 130 ug/L-10 mg/L | <1 ug/L |
| Chloroforme | 20 ug/L-3,4 mg/L | <1 ug/L |
| DDD | 1 ug/L | <0,05 ug/L |
| DDE | 1 ug/L | <0,05 ug/L |
| DDT | 4 ug/L | <0,05 ug/L |
| Cis-dichloro-1,2 éthylène | 5 ug/L-4 mg/L | <1 ug/L |
| Dichloropentadiène | 450 ug/L | <10 ug/L |
| éther isopropylique | 20-34 ug/L | <1 ug/L |
| Méthylbutyléther tertiaire | 33 ug/L | <5,0 ug/L |
| Düsopropyl méthyl phosphonate | 1 250 ug/L | <50 ug/L |
| Dichloro-1,3 propène | 10 ug/L | <1 ug/L |
| Dichloro-éthyl éther | 1,1 mg/L | <1 ug/L |
| Éther dichloroisopropylique | 0,8 ug/L | <1 ug/L |
| Benzène | 0,4-11 mg/L | <1 ug/L |
| Acétone | 10-100 mg/L | <10 mg/L |
| Acrylate d'éthyle | 200 mg/L | <1 mg/L |
| Trichlorotrifluoroéthane | 6 mg/L | <10 ug/L |
| Chlorure de méthylène | 1-21 mg/L | <100 ug/L |
| Phénol | 63 mg/L | <1 ug/L |
| Orthochlorophénol | 100 mg/L | <1 mg/L |
| Tétrachloroéthylène | 5 ug/L-70 mg/L | <1 mg/L |
| Trichloréthylène | 5 ug-16 mg/L | <1 ug/L |
| Trichloro-1,1,1 éthane | 60 ug/L-25 mg/L | <1 ug/L |
| Chlorure de vinylidène | 5 ug/L-4 mg/L | <1 ug/L |
| Toluène | 5-7 mg/L | <10 ug/L |
| Xylène | 0,2-10 mg/L | <101 ug/L |

Source : O'Brien and Fisher, 1983, tel que cité dans U.S. EPA, 1985

### 7.1.3 Critères actuels applicables aux effluents liquides

Le tableau 7-4 résume les objectifs de qualité de l'effluent établis par diverses administrations pour les centres de traitement des déchets dangereux. Ces critères ne sont présentés que pour servir de point de comparaison avec les normes qui ont été adoptées. Aux États-Unis, la EPA a fixé les limites d'effluent qui s'appliquent aux industries de produits chimiques organiques, en se fondant sur les exigences de la meilleure technique disponible (BAT) et sur les New Source Performance Standards (NSPS) (normes applicables aux nouvelles usines); ces limites, qui représentent la concentration maximale quotidienne dans l'effluent et la concentration maximale mensuelle moyenne, sont présentées au tableau 7-5.

Les tableaux 7-6 et 7-7 présentent les niveaux de traitement recommandés pour les usines de traitement physico-chimico-biologique. Les paramètres physiques et inorganiques figurant au tableau 7-6 sont fondés sur les critères d'effluent couramment acceptés pour la meilleure technique réalisable ainsi que sur les résultats obtenus ailleurs. Les paramètres organiques choisis sont fondés quant à eux sur la meilleure technique disponible et devraient servir de **guide** pour les contaminants organiques contenus dans les effluents issus des centres de traitement physico-chimico-biologique. Pour tous les paramètres indiqués, qu'il s'agisse des paramètres physiques, inorganiques ou organiques, les niveaux indiqués sont fondés sur les connaissances actuelles et ils pourraient être modifiés à la lumière de nouvelles données sur la traitabilité de ces contaminants et leurs effets sur l'environnement.

**Directive 7-1 : La dilution ou le mélange des résidus ou des effluents de déchets dangereux, dans le seul d'atteindre les limites de concentrations prescrites, doit être interdit.**

**Directive 7-2 : Les critères d'effluent réalisables ont été déterminés pour un certain nombre de paramètres inorganiques et organiques d'importance. Il y a lieu toutefois de souligner que ces données varient considérablement suivant le mode de traitement, le type de déchet et la concentration de contaminants dans l'influent. Les normes d'effluent recommandées aux tableaux 7-6 et 7-7 devraient permettre une protection suffisante de l'environnement. Compte tenu du vaste nombre de composés organiques, il est difficile de fixer des critères d'effluent pour tous les déchets et tous les composés. L'annexe D résume les niveaux de traitement pour un grand nombre de composés organiques et peut être utilisée, conjointement avec les tableaux 7-3 et 7-5, comme outil de référence sommaire pour des composés organiques précis, une fois les caractéristiques particulières des déchets connues.**

## 7.2 Élimination des déchets solides

Au nombre des déchets solides à éliminer issus des centres de traitement physico-chimique, mentionnons les boues et les résidus inorganiques résultant des différents procédés, ainsi que certaines boues organiques résultant des procédés biologiques comme le procédé aux boues activées et l'adsorption sur charbon actif. Il existe deux modes d'élimination potentiels pour ces déchets, soit :

- **l'incinération** — convient aux boues organiques, au charbon actif et aux matières solides; produit des cendres qui doivent ensuite être enfouies.
- **l'enfouissement** — convient aux boues et résidus inorganiques et à certains résidus et boues organiques qui satisfont aux critères d'acceptation, tels que les tests par filtres de peinture et les tests d'affaissement, ou qui peuvent être stabilisés ou solidifiés conformément aux procédés décrits à la section 2.1.7.

Les exigences d'exploitation et les critères d'émission applicables aux incinérateurs de déchets dangereux ont déjà fait l'objet de nombreuses études et ne seront pas traités de nouveau dans le présent document. Dans le cas de l'enfouissement, vu l'incertitude concernant le rendement à long terme des techniques de stabilisation et de solidification, les résidus provenant des centres de traitement physico-chimico-biologique doivent être éliminés dans des décharges sécuritaires. La définition des critères de conception et d'exploitation de ces décharges a déjà fait l'objet de nombreux travaux (Reid Crowther, 1988) et ne sera pas discutée plus en détail ici.

**TABLEAU 7-4**

**CRITÈRES D'EFFLUENT APPLICABLES AUX CENTRES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX**

| | Objectifs du MAO de l'Ontario mg/L | Special Waste Legislation de la C.-B. mg/L | Francfort Rép. féd. d'All. mg/L |
|---|---|---|---|
| Huiles et graisses | 15,0 | 10,0 | 20,0 |
| Phénol | 0,02 | 0,2 | - |
| Cyanures | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Arsenic | 1,0 | 0,1 | 0,1 |
| Plomb | 1,0 | 0,1 | 2,0 |
| Cadmium | 0,001 | 0,01 | 0,5 |
| Fer | 1,0 | non spécifié | 20,0 |
| Cuivre | 1,0 | 0,1 | 2,0 |
| Nickel | 1,0 | 0,2 | 3,0 |
| Mercure | 0,001 | 0,001 | 0,05 |
| Sélénium | non spécifié | 0,05 | 1,0 |
| Argent | non spécifié | non spécifié | 2,0 |
| Zinc | 1,0 | 0,2 | 5,0 |

Source : Objectifs du ministère de l'Environnement de l'Ontario

B.C. Special Waste Legislation

## 7.3 Émissions atmosphériques

En conditions normales, les gaz émanant des procédés de traitement physico-chimico-biologique devraient se composer essentiellement de composés non polluants comme le dioxyde de carbone et l'azote. Cependant, en régime perturbé ou en présence de composés organiques inconnus ou volatils, il y aura invariablement production de gaz toxiques. Le déchargement, le transfert et le stockage des déchets peuvent également provoquer la libération d'émissions fugitives. Aussi faut-il s'efforcer de minimiser et d'éliminer au maximum ces émissions.

**Directive 7-3 : Dans la mesure du possible, les dispositions énumérées ci-après doivent être incluses dans la conception des centres de traitement :**

- **Voir à ce que le déchargement des déchets se fasse directement des camions-citernes aux cuves de stockage, par le biais de conduits interconnectés étanches, afin d'éviter toute émission de vapeurs.**

**TABLEAU 7-5**

**LIMITES D'EFFLUENT SELON LA BAT ET LES NSPS POUR LA SOUS-CATÉGORIE DE TRAITEMENTS BIOLOGIQUES NON EFFECTUÉS À LA SORTIE DE L'ÉMISSAIRE**

| Numéro du polluant | Nom du polluant | LIMITES D'EFFLUENT BAT ET NSPS[1] Quotidienne maximale ug/L | Moyenne mensuelle maximale ug/L |
|---|---|---|---|
| 1 | Acénaphtène | 47 | 19 |
| 3 | Acrylonitrile | 232 | 94 |
| 4 | Benzène | 134 | 57 |
| 6 | Tétrachlorure de carbone | 380 | 142 |
| 7 | Chlorobenzène | 380 | 142 |
| 8 | Trichloro-1,2,4 benzène | 794 | 196 |
| 9 | Hexachlorobenzène | 794 | 196 |
| 10 | Dichloro-1,2 éthane | 574 | 180 |
| 11 | Trichloro-1,1,1 éthane | 59 | 22 |
| 12 | Hexachloroéthane | 794 | 196 |
| 13 | Dichloro-1,1 éthane | 59 | 22 |
| 14 | Trichloro-1,1,2 éthane | 127 | 32 |
| 16 | Chloro-éthane | 295 | 110 |
| 23 | Chloroforme | 325 | 111 |
| 25 | Dichloro-1,2 benzène | 794 | 196 |
| 26 | Dichloro-1,3 benzène | 380 | 142 |
| 27 | Dichloro-1,4 benzène | 380 | 142 |
| 29 | Dichloro-1,1 éthylène | 60 | 22 |
| 30 | Trans dichloro-1,2 éthylène | 66 | 25 |
| 32 | Dichloro-1,2 propane | 794 | 196 |
| 33 | Dichloro-1,3 propène | 794 | 196 |
| 34 | Diméthyl-2,4 phénol | 47 | 19 |
| 38 | Éthylbenzène | 380 | 142 |
| 39 | Fluoranthène | 54 | 22 |
| 42 | Bis(2-chloroisopropyl)éther | 794 | 196 |
| 44 | Chlorure de méthylène | 170 | 36 |
| 45 | Chlorure de méthyle | 295 | 110 |
| 52 | Hexachlorobutadiène | 380 | 142 |
| 55 | Naphtalène | 47 | 19 |
| 56 | Nitrobenzène | 6 402 | 2 237 |
| 57 | Nitro-2 phénol | 231 | 65 |
| 58 | Nitro-4 phénol | 576 | 162 |
| 59 | Dinitro-2,4 phénol | 4 291 | 1 207 |
| 60 | Dinitro-4,6 o-crésol | 277 | 78 |
| 65 | Phénol | 47 | 19 |
| 66 | Bis(2-éthylhexyl)phtalate | 258 | 95 |
| 68 | Di-n-butyl phtalate | 43 | 20 |
| 70 | Phtalate de diéthyle | 113 | 46 |

Source : U.S. EPA Standards for Organic Chemical Industry

**TABLEAU 7-5 (suite)**

**LIMITES D'EFFLUENT SELON LA BAT ET LES NSPS POUR LA SOUS-CATÉGORIE DE TRAITEMENTS BIOLOGIQUES NON EFFECTUÉS À LA SORTIE DE L'ÉMISSAIRE**

| Numéro du polluant | Nom du polluant | LIMITES D'EFFLUENT BAT ET NSPS[1] Quotidienne maximale ug/L | Moyenne mensuelle maximale ug/L |
|---|---|---|---|
| 71 | Phtalate de di-méthyle | 47 | 19 |
| 72 | Benzo(a)anthracène | 47 | 19 |
| 73 | Benzo(a)pyrène | 48 | 20 |
| 74 | Benzo-3,4 fluoranthène | 48 | 20 |
| 75 | Benzo(k)fluoranthène | 47 | 19 |
| 76 | Chrysène | 47 | 19 |
| 77 | Acénaphthylène | 47 | 19 |
| 78 | Anthracène | 47 | 19 |
| 80 | Fluorène | 47 | 19 |
| 81 | Phénanthrène | 47 | 19 |
| 84 | Pyrène | 48 | 20 |
| 85 | Tétrachloroéthylène | 164 | 52 |
| 86 | Toluène | 74 | 28 |
| 87 | Trichloroéthylène | 69 | 26 |
| 88 | Chlorure de vinyle | 172 | 97 |
| 119 | Chrome total[2] | 2 770 | 1 100 |
| 120 | Cuivre total[2] | 3 380 | 1 450 |
| 121 | Cyanures totaux[3] | 1 200 | 420 |
| 122 | Plomb total[2] | 690 | 320 |
| 124 | Nickel total[2] | 3 980 | 1 690 |
| 128 | Zinc total[2] | 2 610 | 1 050 |

1 Toutes les unités sont exprimées en microgrammes par litre.

2 Les limites pour les métaux ne s'appliquent qu'aux déchets non complexes contenant des métaux. Elles ne visent pas les rejets de chrome, de cuivre, de plomb, de nickel et de zinc provenant "d'eaux usées complexes contenant des métaux."

3 Les limites pour les cyanures ne s'appliquent qu'aux déchets contenant des cyanures.

Source : U.S. EPA Standards for Organic Chemical Industry

- **Voir à l'installation de systèmes de ventilation sur tous les bassins de réception, cuves de stockage et réservoirs de mélange, pour capter toute émanation de vapeurs. Des systèmes d'épuration comme les dispositifs d'adsorption sur charbon actif ou des épurateurs doivent également être installés pour purifier l'air de ventilation avant son rejet dans l'atmosphère. Autre possibilité, l'air de ventilation peut être acheminé vers un incinérateur si une telle installation existe.**

**TABLEAU 7-6**

**NORMES D'EFFLUENT RECOMMANDÉES POUR LES CENTRES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE**

(Paramètres physiques et inorganiques)

| Paramètre | Concentration maximale ou variation en (mg/L) sauf indication contraire |
|---|---|
| **Physique** | |
| pH | 6,5 à 8,5 |
| Température | 32 °C |
| Matières en suspension | 15 |
| Seuil de toxicité (essai biologique) | 100 % de l'effluent |
| **Inorganiques** | |
| Aluminium, dissous | 0,1 |
| Ammoniac, dissous (N) | 1,0 |
| Antimoine, dissous | 0,25 |
| Arsenic, dissous | 0,1 |
| Baryum, dissous | 1,0 |
| Bore, dissous | 10,0 |
| Cadmium, dissous | 0,1 |
| Chrome, dissous (hexavalent) | 0,1 |
| Chrome, total | 0,5 |
| Cobalt, dissous | 0,1 |
| Cuivre, dissous | 0,1 |
| Cyanures (HCN) | 0,1 |
| Fluorures, dissous | 15,0 |
| Plomb, dissous | 0,1 |
| Manganèse, dissous | 0,5 |
| Mercure, total | 0,001 |
| Molybdène, dissous | 0,5 |
| Nickel, dissous | 0,5 |
| Sélénium, dissous | 0,05 |
| Étain, dissous | 0,5 |
| Zinc, dissous | 0,2 |

Source : B.C. Ministry of Environment and Parks, "Special Waste Regulation," mars 1988

- **Traiter les déchets à l'intérieur de réservoirs fermés munis de systèmes de ventilation ou d'épuration.**
- **Réduire au minimum les transferts de déchets et de réactifs et voir à ce que le traitement se fasse le plus près possible des lieux de stockage des réactifs et des sites d'élimination finale.**
- **Contenir ou réduire au minimum les émissions de particules provenant des processus de solidification/ stabilisation et de mise en décharge. Dans la mesure du possible, les matières solides doivent être transférées sous forme de boues pour éliminer les émissions de poussières.**

**TABLEAU 7-7**

**NORMES D'EFFLUENT RECOMMANDÉES POUR LES CENTRES DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE**

(Composés organiques choisis)

| Paramètre | Concentration maximale ou variation en (mg/L) sauf indication contraire |
|---|---|
| **Composés organiques** | |
| Demande biochimique d'oxygène 5 jours | 20 |
| Huiles | 10 |
| Phénol | 0,02 |
| Biphényles polychlorés, totaux | 0,005 |
| Polychlorodibenzo furanes, totaux | 30 ng/L |
| Polychlorodibenzo-p-dioxines, totaux | 30 ng/L |
| Organohalogénés totaux | 0,5 |
| Aldrine | $6 \times 10^{-5}$ |
| Lindane | $6 \times 10^{-6}$ |
| Chlorure de méthylène | 0,5 |
| Tétrachlorure de carbone | 0,013 |
| Trichloroéthylène | 0,025 |
| Chloroforme | 0,006 |
| Bis(2-chloroéthyl) éther | 0,1 |
| Benzène | 0,015 |
| Hexachlorobenzène | $5 \times 10^{-4}$ |
| Acénaphtène | 0,012 |
| Benzo (k) fluroanthène | 0,001 |
| Phtalate de butyl-benzyle | $6 \times 10^{-4}$ |
| Acrolyonitrite | 0,20 |
| Trichloro-2,4,6 phénol | 0,002 |
| Chloro-2 phénol | 0,002 |

Source : Shuckrow et al., 1981
U.S. EPA, "Hazardous Waste Treatment Technology," EPA/600/D-86/006, 1986

- **Porter une attention particulière aux secteurs d'activités dans lesquels une erreur humaine pourrait provoquer la production d'émissions toxiques. Ces activités doivent se dérouler dans des endroits fermés munis d'un dispositif d'épuration des gaz évacués.**
- **Voir à l'établissement et au maintien de bonnes pratiques d'exploitation et d'entretien, afin d'éviter les fuites et les déversements et d'assurer le bon fonctionnement des systèmes de ventilation.**

## 7.4 Rejet zéro

Les procédés de traitement physico-chimique habituels concentrent la portion la plus nocive des déchets en un effluent de volume plus faible pour traitement ultérieur et élimination

finale. Le volume de l'effluent dépend donc du type de déchets et de la concentration des contaminants. Dans le cas des systèmes biologiques, toutefois, le volume total rejeté est à peu près égal à celui de l'influent.

Parmi les options qui s'offrent pour assurer un rejet nul dans les eaux de surface, mentionnons l'utilisation de l'effluent traité pour les procédés de stabilisation-solidification, l'injection en puits profond ou l'évaporation.

De tous ces procédés, c'est la solidification qui est le moins complexe. Ce processus supprime le rejet de l'effluent dans les eaux de surface en provoquant la solidification de tous les effluents liquides. Il ne requiert en outre que peu de techniques; ainsi, ni l'assèchement, ni la précipitation ne sont requis, car les boues et les effluents liquides obtenus sont complètement solidifiés. Les besoins en sol sont toutefois élevés, tout comme les frais d'exploitation, compte tenu du volume élevé de liquides à éliminer.

L'injection de puits profond est un procédé qui est utilisé depuis de nombreuses années par l'industrie du pétrole pour éliminer la saumure ou l'eau de formation associée au pétrole. Il s'agit d'une technique pratique pour l'élimination des effluents liquides, à la condition de pouvoir disposer d'un puits profond approprié pour l'injection.

L'évaporation est un processus qui consiste à concentrer une solution ou des boues liquides par la chaleur, par la vaporisation d'une partie du liquide. L'évaporation se fait habituellement dans des appareils conçus spécialement à cette fin, comme les installations à effets multiples, à compression de vapeur et à détentes successives ou les séchoirs par évaporation. Après évaporation, l'effluent peut être stabilisé et mis en décharge.8

# 8.0 PLANIFICATION DES MESURES D'URGENCE

## 8.1 Protection contre les incendies

Bien que la quantité de produits inflammables reçus par le centre de traitement devrait être négligeable, il faut néanmoins tenir compte des risques d'incendie dans les zones de traitement et les bureaux. La protection contre les incendies comporte deux volets, soit :

1) la réduction au minimum des risques d'incendie, et
2) la maîtrise de l'incendie qui s'est déclaré.

Le centre de traitement doit avoir un plan de gestion des lieux bien défini en cas d'incendies; il doit en outre disposer d'un bon système de communications, d'employés qualifiés et de véhicules et d'appareils conçus pour faire face à des situations bien précises. Il doit également s'établir un climat d'entraide avec les communautés locales et des relations de travail avec le service des incendies, les organismes chargés de l'application des lois, les médias et toute autre ressource publique ou privée concernée de la région. Par ailleurs, les activités de formation doivent être destinées autant aux employés du centre qu'au personnel du service local des incendies, tous deux pouvant en profiter pour combler leurs lacunes et améliorer leur rendement.

Il existe un certain nombre de fonctions utiles dont peuvent s'acquitter les employés du centre auprès du service local des incendies, pour mieux le sensibiliser sur la façon de mieux faire face à une situation d'urgence mettant en cause des produits dangereux. Le centre doit en outre appuyer le service des incendies en mettant à sa disposition les ressources additionnelles nécessaires et une équipe d'intervention munie d'équipement spécialisé.

Le centre doit également avoir sous la main des renseignements sur les types de déchets. Dans bien des cas, les connaissances techniques et l'expérience des services locaux des incendies relativement à la manipulation d'un déchet ou d'un produit chimique précis peuvent être limitées. Aussi le personnel du centre de traitement doit-il faire partie de l'équipe d'intervention sur le site et hors du site, afin de disposer d'une équipe d'intervention d'urgence bien préparée.

En général, le rôle du service local des incendies lors d'un incident mettant en cause des produits dangereux consiste à porter secours aux personnes en danger, à isoler le site ou à contrôler les produits qui s'échappent et à stabiliser la situation. Les responsables du centre de traitement doivent voir quant à eux à la récupération et au nettoyage, s'il y a lieu.

## 8.2 Intervention en cas de déversement

Si l'on se fie à l'expérience vécue en Californie, il se produit environ un déversement à chaque dix millions de gallons reçus à un centre de traitement. Les répercussions d'un déversement sur le site dépendent de divers facteurs, notamment des risques particuliers associés à la substance en cause, de la quantité déversée, de la nature de l'incident et des conditions atmosphériques, si le déversement se produit à l'extérieur. Les contaminants déversés peuvent se volatiliser ou être rapidement absorbés par le sol. La volatilisation des liquides ou la présence combinée d'un incendie peut provoquer la libération subséquente de contaminants dans l'air. En général, les quantités déversées sont très faibles; cependant, un déversement qui se produit à un centre de traitement des déchets dangereux peut, suivant la nature de la substance en cause, présenter des risques pour la santé et l'environnement. Aussi le personnel affecté à l'exploitation

du centre doit-il recevoir la formation nécessaire pour faire face à ces incidents, grâce à des exercices d'entraînement et à des pratiques complets. En outre, les tâches de chaque équipe d'employés doivent être clairement définies et être effectuées automatiquement, afin que l'intervention en cas de déversement puisse être aussi rapide et efficace que possible. Les différentes équipes doivent également connaître parfaitement les responsabilités de chacune en cas de déversement.

Lors du déversement d'un produit liquide, l'élément le plus important est de contenir le déversement. Ainsi, il faut immédiatement isoler la zone à risques, en bloquant par exemple toute circulation à travers cette zone. Tous les modes de circulation doivent être pris en considération, suivant l'ampleur du déversement et ses effets subséquents.

Il est en outre important de savoir ce que l'on entend véritablement par **cas de danger** aux termes du **Règlement sur le transport des marchandises dangereuses.** Pour chaque classe de produits, il existe une limite au-delà de laquelle tout "rejet, émission ou fuite" doit être signalé. Les déversements qui se produisent à l'intérieur du centre doivent eux aussi être déclarés s'ils répondent aux critères de sévérité qu'un danger présente pour la santé, la vie ou la propriété. Les déversements au-delà des limites indiquées ci-après font partie des **cas de danger** :

| | | |
|---|---|---|
| Classe 1 | Explosifs | Tous |
| Classe 2.1/2.2 | Gaz | Toute quantité s'échappant d'un contenant |
| Classe 2.3/2.4 | Gaz | Tous |
| Classe 3 | Liquides inflammables | 200 L ou plus |
| Classe 4 | Solides inflammables | 25 kg ou plus |
| Classe 5.1 | Oxydants | 50 kg/50 L ou plus |
| Classe 5.2 | Peroxydes organiques | 1 kg/1 L ou plus |
| Classe 6.1 | Toxiques | 5 kg/5 L ou plus |
| Classe 6.2 | Infectieux | Tous |
| Classe 8 | Corrosifs | 5 kg/5 L ou plus |
| Classe 9.1 | Divers | 50 kg ou plus |
| Classe 9.2 | Environnementaux | 1 kg ou plus |
| Classe 9.3 | Déchets dangereux | 5 kg/5 L ou plus |

Prévoir un approvisionnement suffisant de produits absorbants, de barils vides, de pelles, de pics et de racloirs qui soient faciles d'accès. Par ailleurs, le nettoyage sera facilité si toutes les zones de travail ou zones actives du centre de traitement sont pavées et isolées pour éviter que le produit déversé ne pénètre ou ne migre dans le sol.

Il est en outre essentiel, lors de toute intervention, de pouvoir identifier avec précision le produit dangereux en cause. Les exploitants du centre doivent s'assurer que les employés reçoivent régulièrement des séances de formation et qu'ils disposent de l'équipement et des dispositifs de protection nécessaires pour venir à bout des petits déversements. Connaître la nature du produit déversé, savoir ce qu'il faut faire et disposer de l'équipement approprié sont trois aspects clés de toute intervention en cas de déversement. Si le déversement est très gros et qu'il ne peut être maîtrisé par l'équipe sur place, ou s'il s'agit d'un incident majeur incluant un incendie, il peut alors s'avérer nécessaire de faire appel au service des incendies et de police de la région ou au personnel de la protection civile.

Comme les produits dangereux peuvent devenir en suspension dans l'air et être propagés par le vent et autres forces naturelles, toutes les mesures doivent être prises pour éviter que la contamination ne s'étende à l'extérieur de la zone de déversement immédiate.

La décontamination des vêtements de protection, des véhicules de transport et des autres équipements doit se faire immédiatement, sur les lieux mêmes de l'incident. Il peut toutefois s'avérer difficile de contenir la contamination à l'intérieur d'une zone prescrite et il peut arriver que les contaminants soient propagés accidentellement, ce qui risque d'augmenter la zone à nettoyer.

Il est essentiel d'éviter toute catastrophe, par une gestion adéquate des déversements, une bonne conception des installations, la mise en place de programmes d'inspection, d'entretien et de détection des fuites adéquats ainsi qu'une intervention interne rapide. Les catastrophes sont extrêmement rares; une préparation complète, assortie d'un mécanisme très précoce visant à alerter les populations exposées à des risques ainsi que les équipes d'intervention d'urgence et les services de protection civile, devrait favoriser l'intervention ou l'organisation rapide des services médicaux requis.

Une telle approche devrait s'avérer plus bénéfique qu'une autre visant à organiser l'intervention après qu'un incident mettant en cause des produits dangereux s'est produit.

De façon générale, un centre de traitement physico-chimico-biologique bien conçu et bien exploité ne devrait pas présenter plus de risques qu'une petite usine de produits chimiques ou toute autre industrie de nature similaire. Étant donné l'intérêt de plus en plus grand que l'on porte à la sécurité, les risques pour la santé et l'environnement devraient être considérablement réduits.

**Directive 8-1 : Un plan d'urgence global doit être élaboré pour le centre de traitement physico-chimico-biologique. Ce plan, préparé en consultation avec les services provinciaux et locaux de protection civile, doit inclure tout incident réaliste prévisible susceptible de se produire. Tous les employés doivent en prendre connaissance et l'étudier.**

**Directive 8-2 : Le plan d'intervention d'urgence doit être revu et modifié sur une base régulière, pour tenir compte des changements apportés au personnel, aux méthodes d'intervention, aux techniques ou à l'équipement d'intervention.**

**Directive 8-3 : Tous les employés du centre de traitement physico-chimico-biologique doivent suivre des programmes de formation complets sur une base régulière. Ces programmes de formation doivent également s'adresser au personnel des services d'intervention d'urgence de la région.**

## 9.0 DÉCLASSEMENT

Une fois la durée de vie utile d'un centre de traitement physico-chimico-biologique terminée, l'installation doit être supprimée et le site doit, dans la mesure du possible, être restauré à son état initial ou conformément à l'utilisation prévue. Les plans de déclassement des installations doivent être élaborés durant les phases de planification initiales de l'ensemble du projet, afin que le plan de développement du site puisse être compatible avec les exigences de fermeture prescrites, une fois la période d'exploitation de l'installation échue. Le processus de déclassement comporte trois étapes, à savoir le nettoyage et la décontamination, le démantèlement et la démolition et la restauration du site. Les rubriques qui suivent décrivent brièvement chacune de ces étapes.

### 9.1 Nettoyage et décontamination

Après avoir terminé le traitement des derniers stocks de déchets dangereux et vidé l'appareillage, il faut procéder au nettoyage et à la décontamination de tous les réservoirs, cuves, conduits, pompes, échangeurs de chaleur, filtres, appareil de manipulation des boues et des solides, etc. qui ont servi au traitement des déchets dangereux, à la manipulation des produits chimiques ou à l'épuration des gaz évacués. Dans la majeure partie des cas, il s'agit de rincer et de laver les appareils à l'eau, l'eau de lavage usée étant ensuite récupérée et expédiée vers un autre centre de traitement de déchets dangereux pour fins de décontamination.

Des produits chimiques doivent également être utilisés pour supprimer les accumulations et les dépôts plus résistants. En milieu industriel, il s'agit principalement de solvants qui servent au nettoyage des échangeurs de chaleur; ces produits sont également utilisés, dans une moindre mesure, pour les réservoirs et les conduits. Le nettoyage par produits chimiques est habituellement confié à des entrepreneurs spécialisés, lesquels utilisent pour ce faire des camions-citernes spécialement conçus à cette fin; ces camions sont équipés de pompes et de dispositifs de chauffage qui permettent de faire circuler des solutions chaudes à travers l'appareillage à nettoyer et de les retourner dans le camion-citerne. Les agents de nettoyage sont en général des solutions aqueuses d'acides forts ou faibles, auxquelles sont ajoutés des inhibiteurs de corrosion appropriés et d'autres additifs (surfactifs/détergents, dispersants, etc.), selon les besoins.

L'entrepreneur choisi doit avoir accès à des laboratoires où pourront être analysés des échantillons prélevés parmi les dépôts à éliminer, pour déterminer, avant le début des travaux, le procédé de nettoyage qui sera le plus efficace.

Le processus de nettoyage se déroule habituellement en deux étapes fondamentales, soit l'acidification et la passivation. Cette dernière étape consiste à faire circuler une solution alcaline dans l'appareillage, pour neutraliser l'acide et passiver la surface métallique qui a été activée par le processus d'acidification. Des rinçages à l'eau sont effectués après l'acidification, la passivation, ou les deux. L'acide utilisé, de même que les solutions de passivation et l'eau de rinçage, doivent être récupérés et expédiés vers un autre centre de traitement de déchets dangereux pour décontamination.

### 9.2 Démantèlement et démolition

Une fois le nettoyage et la décontamination terminés, l'équipement, les conduits, les installations électriques et les instruments peuvent être démontés et éliminés comme équipement

usagé ou métal de rebut. Les produits qui n'ont aucune valeur monétaire sont répartis en deux catégories : ceux qui peuvent être envoyés à une décharge ordinaire et les autres, les substances potentiellement contaminées comme l'isolant, qui doivent être traitées comme des déchets dangereux.

Si les bâtiments ne sont plus d'aucune utilité et que l'équipement en a été retiré, les bâtiments et autres structures peuvent être démontés ou démolis, les débris pouvant en majeure partie être éliminés dans une décharge ordinaire.

## 9.3 Restauration du site

Un programme d'analyse du sol exhaustif doit être effectué dans tous les anciens sites de traitement et de stockage. Dans un centre de traitement physico-chimico-biologique habituel comme celui décrit dans le présent document, toutes les eaux usées dangereuses et tous les effluents traités sont contenus à l'intérieur de réservoirs. La contamination du sol devrait donc probablement se limiter aux déversements occasionnels qui ont pu se produire et qui se sont infiltrés dans le sol. Cependant, si l'on présume que l'installation a été maintenue en exploitation pendant au moins 20 ans avant son déclassement, les risques de contamination du sol sont alors plus grands.

Tout le sol jugé contaminé d'après les résultats des analyses du sol doit être enlevé et transporté vers un autre centre de traitement de déchets dangereux, pour traitement et élimination. Le site peut ensuite être nivelé et servir à une autre utilisation.

**Directive 9-1 : Le plan de déclassement du centre de traitement physico-chimico-biologique doit être élaboré dès les phases initiales de planification et de conception. Il doit en outre être mis à jour advenant des changements dans la conception des installations ou leur mode d'exploitation.**

**Directive 9-2 : Le propriétaire ou l'exploitant du centre de traitement physico-chimico-biologique est tenu de fermer l'installation de manière à :**

- **réduire au minimum les besoins d'entretien ultérieurs;**
- **empêcher la fuite de contaminants dangereux dans l'environnement.**

**Directive 9-3 : Après le déclassement de l'installation, tout l'équipement et toutes les structures qui y ont été utilisés doivent être décontaminés ou démontés et éliminés de façon sécuritaire.**

**Directive 9-4 : Le plan de déclassement doit inclure une description des activités requises après la fermeture définitive du site. Ces activités doivent prévoir notamment :**

- **le maintien de l'intégrité fonctionnelle de la région;**
- **le maintien des systèmes de surveillance;**
- **la protection et le maintien des repères d'enquête ou des repères environnementaux;**
- **le contrôle de l'accès du site, conformément à l'utilisation approuvée après déclassement.**

## ANNEXE A

## SCHÉMAS DE TRAITEMENT ET BILANS MATIÈRES TYPIQUES

### A.1 Traitement physico-chimique

La figure 3.0-1 illustre le schéma de traitement habituel pour le traitement physico-chimique des déchets dangereux inorganiques. Le tableau A-1.1 présente quant à lui le bilan matières global.

Les bilans matières des déchets inorganiques provenant des cuves de stockage A, B et C correspondent à ce qui suit :

Aux fins de l'établissement du bilan matières, les déchets inorganiques provenant de la cuve A correspondent à une eau de rinçage typique résultant d'un procédé de placage au cadmium.

Les déchets sont formés d'une solution aqueuse contenant du cyanure de cadmium et du cyanure de sodium, à raison de 20 mg/L de cyanure de cadmium et de 80 mg/L de cyanure de sodium.

Pour un réacteur discontinu traitant 20 t de déchets, le bilan matières s'établirait comme suit :

**GRAMMES/CUVÉE**

| COMPOSANTE | INFLUENT | | EFFLUENT |
|---|---|---|---|
| | Alimentation | Réactifs | |
| Eau | $20 \times 10^6$ | 37 035 | $20 \times 10^6$ |
| $Cd(CN)_2$ | 585 | | - |
| NaCN | 1 600 | | - |
| NaOCl | | 7 407 | - |
| NaCl | | 4 938 | 10 754 |
| $CO_2$ | | | 1 750 |
| $N_2$ | | | 557 |
| $Cd(OH)_2$ | | | 528 |
| NaOH | | | 1 306 |

## TABLEAU A-1.1

## BILAN MATIÈRES GLOBAL — TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE

Grammes/jour

| Constitu et/Cuvée n° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8* | 9 | 10** | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17*** | 18**** | 19 | 20 | 21 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Eau | 20000 x $10^3$ | 20037 x $10^3$ | 20000 x $10^3$ | 20015 x $10^3$ | 20000 x $10^3$ | 20016 x $10^3$ | 20014 x $10^3$ | 93350 | 91483 | 1867 | 20014 x $10^3$ | 1867 | 37035 | 13000 | 13446 | - | - | | | | |
| $Cd(CN)_2$ | 585 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NaCN | 1600 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NaOCl | | | | | | | | | | | | | 7407 | | | | | | | | |
| NaCl | | 10754 | | | | | | | | | | | 4938 | | | | | | | | |
| $Co_2$ | | 750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $N_2$ | | 557 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $Cd(OH)_2$ | | 528 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NaOH | | 1306 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $H_2CrO_4$ | | | 5900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $H_2SO_4$ | | | 50 | | | | | | | | | | | 3625 | - | | | | | | |
| $NaHSO_3$ | | | | | | | | | | | | | | 7800 | | | | | | | |
| $Na_2SO_4$ | | | | 5325 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $Cr_2(SO_4)_3$ | | | | 9800 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ | | | | | 4500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $NiCl_2 \cdot 6H_2)$ | | | | | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $Ca(OH)_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | 1494 | | | | | |
| $CaSO_4$ | | | | | | 2330 | 2330 | | | | 2330 | | | | | | | | | | |
| $CaCl_2$ | | | | | | 280 | 280 | | | | 280 | | | | | | | | | | |
| $Ni(OH)_2$ | | | | | | 1867 | | 1867 | - | 1867 | | 1867 | | | | | | | | | |
| Polyélectrolytes | | | | | | | 100 | | 100 | | 100 | | | | | | 100 | | | | |
| Adjuvant de filt. | | | | | | | 100 | | 100 | | 100 | | | | | | | 100 | | | |
| Cendres volantes | | | | | | | | | | | 5040 | | | | | | | | 5040 | | |
| Chaux | | | | | | | | | | | | 1260 | | | | | | | | | 1260 |
| Total (approx.) | 20002 x $10^3$ | 20051 x $10^3$ | 20006 x $10^3$ | 20030 x $10^3$ | 20005 x $10^3$ | 20020 x $10^3$ | 20016 x $10^3$ | 95317 | 91483 | 3934 | 20016 x $10^3$ | 10234 | 49380 | 24425 | Nul | 14940 | Nul | 100 | 100 | 5040 | 1260 |

* À 2 % de matières solides
** À 50 % de matières solides
*** Non requis pour la précipitation du nickel
**** Addition de polyélectrolytes à raison de 5 ppm Adjuvants de filtration à raison de 5 % des matières solides éliminées

- On suppose que 100 % de l'hypochlorite a réagi et que 100 % du cyanure a été transformé en $CO_2$ et $N_2$. En pratique, la totalité des cyanures sont transformés en cyanates et 99,9 % des cyanates en $CO_2$ et $N_2$. De plus, l'effluent contient habituellement une faible quantité d'hypochlorite qui n'a pas réagi.

De même, les déchets provenant de la cuve B correspondent à une eau de rinçage typique résultant du processus de chromatage.

Les déchets sont formés d'une solution aqueuse contenant de l'acide chromique et de l'acide sulfurique, à raison de 250 mg/L $CrO_3$ et de 2,5 mg/L de $H_2SO_4$.

Pour un réacteur en régime discontinu traitant 20 t de déchets, le bilan matières s'établirait comme suit :

**GRAMMES/CUVÉE**

| COMPOSANTE | INFLUENT | | EFFLUENT |
|---|---|---|---|
| | Alimentation | Réactifs | |
| Eau | $20 \times 10^6$ | 13 000 | $20\,015 \times 10^3$ |
| $H_2CrO_4$ | 5 900 | - | - |
| $H_2SO_4$ | 50 | 3 625 | - |
| $NaHSO_3$ | | 7 800 | - |
| $Na_2SO_4$ | | | 5 325 |
| $Cr_2(SO)_4$ | | | 9 800 |

Enfin, les déchets provenant de la cuve C correspondent à une eau de rinçage typique issue d'un procédé de nickelage.

Il s'agit de déchets aqueux contenant du sulfate de nickel et du chlorure de nickel, à raison de 250 mg/L de $NiSO_4.6H_2O$ et 30 mg/L $NiCl_2.6H_2O$.

Pour un réacteur en régime discontinu traitant 20 t de déchets, le bilan matières s'établirait comme suit :

**GRAMMES/CUVÉE**

| COMPOSANTE | INFLUENT | | EFFLUENT |
|---|---|---|---|
| | Alimentation | Réactifs | |
| Eau | $20 \times 10^6$ | 13 446 | $20\,016 \times 10^3$ |
| $NiSO_4.6H_2O$ | 4 500 | | - |
| $NiCl_2.6H_2O$ | 600 | | - |
| $Ca(OH)_2$ | | 1 494 | |
| $CaSO_4$ | | | 2 330 |
| $CaCl_2$ | | | 280 |
| $Ni(OH)_2$ | | | 1 867 |

Le tableau A-1.2 précise les normes de qualité applicables à l'effluent.

**TABLEAU A-1.2**

**QUALITÉ DE L'EFFLUENT**

| Composante | Concentration mg/L |
|---|---|
| Sulfate | 96 |
| Calcium | 23 |
| Chlorure | 11 |
| Nickel | <0,5 |

## A.2 Traitement biologique

La figure 3.0-2 illustre le schéma de traitement typique pour le traitement biologique des déchets dangereux organiques. Le bilan matières global figure au tableau A-3.

TABLEAU A-3

## BILAN MATIÈRES GLOBAL — TRAITEMENT BIOLOGIQUE

| Composante/ cuvée n° | Grammes/jour | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Eau | $60 \times 10^6$ | $14{,}87 \times 10^6$ | $74{,}87 \times 10^6$ | $17{,}52 \times 10^6$ | $17{,}52 \times 10^6$ | $2{,}65 \times 10^6$ | | 430 000 | $2{,}22 \times 10^6$ | | 400 000 | 30 000 |
| D.B.O. | 60 000 | 1 487 | 7 487 | 5 997 | 1 752 | 265 | | 43 | 222 | | 40 | 3 |
| MSLM* | | 124 988 | 151 986 | 4 498 | 147 488 | 22 500 | | 22 500 | | | | 22 500 |
| Polyélectrolytes | | | | | | | 15 | 15 | | | | 15 |
| Adjuvant de filtration | | | | | | | | | | 1 200 | | 1 200 |
| Total | $60{,}66 \times 10^6$ | $15{,}0 \times 10^6$ | $75{,}03 \times 10^6$ | $59{,}98 \times 10^6$ | $17{,}67 \times 10^6$ | $2{,}67 \times 10^6$ | 15 | 452 543 | $2{,}22 \times 10^6$ | 1 200 | 400 000 | 53 718 |

* Matières en suspension de liquide mixte

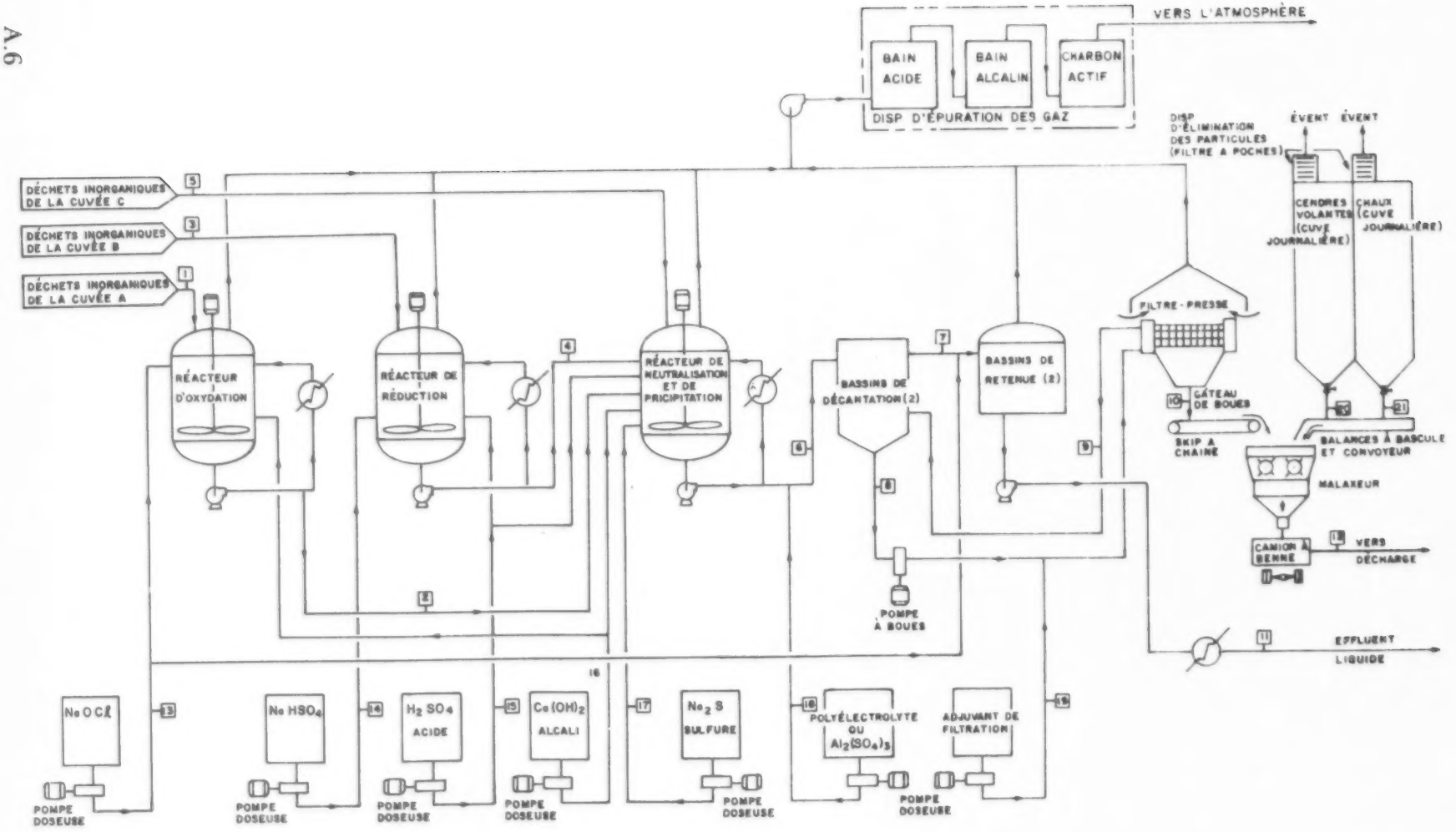
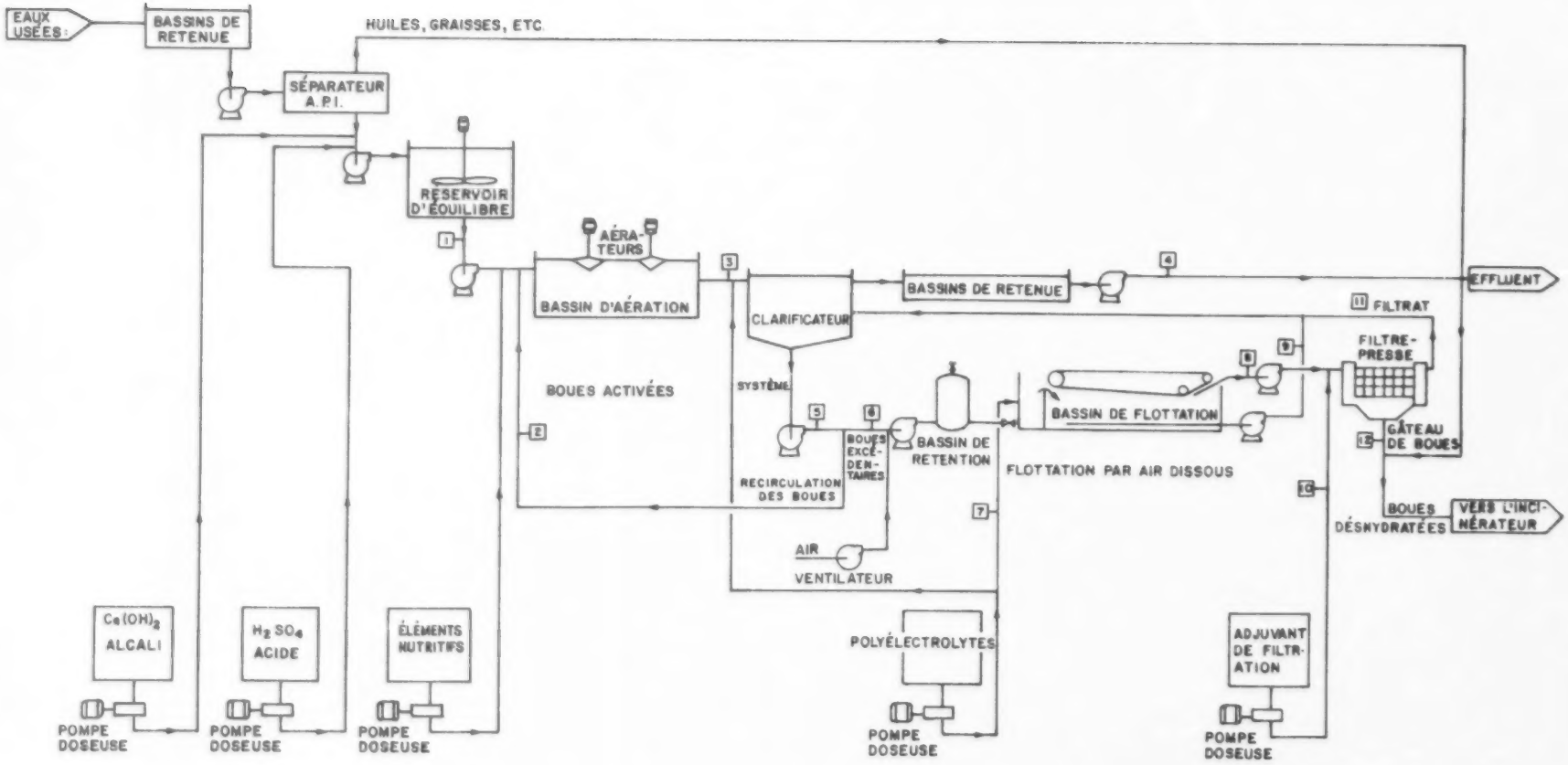



**SCHÉMA DE TRAITEMENT TYPE**




## SCHÉMA DE TRAITEMENT TYPE

## ANNEXE B

## CONCEPTION ET EXPLOITATION

### B.1 Réception et stockage des déchets

Pour le centre de traitement physico-chimico-biologique décrit à la section 3.0, nous supposons que les déchets dangereux arrivent par fûts et camions-citernes, la majeure partie des déchets inorganiques arrivant par fûts, alors que les eaux usées de nature organique sont livrées principalement en vrac, par camions-citernes. Les fûts qui arrivent au centre de traitement sont :

- reçus à la barrière;
- déchargés du camion;
- placés dans des boîtes protectrices, s'ils coulent;
- stockés par catégories provisoires;
- décongelés, au besoin;
- ouverts, au besoin;
- échantillonnés et analysés;
- recouverts temporairement d'un plastique, au besoin;
- répartis par lots appropriés

Les fûts contenant des déchets inorganiques destinés à un traitement physico-chimique doivent être transportés dans un dépôt isolé et répartis entre les diverses catégories générales suivantes :

- Solutions ou boues acides
- Solutions ou boues basiques
- Solutions ou boues acides contenant des chromates
- Solutions ou boues contenant des métaux lourds
- Solutions ou boues basiques contenant des cyanures
- Fûts non conformes au manifeste d'accompagnement

Les fûts qui contiennent des eaux usées organiques destinées à un traitement biologique doivent eux aussi être transportés dans un dépôt et répartis selon les catégories suivantes :

- D.B.O. faible
- D.B.O. moyenne
- D.B.O. élevée
- composés organiques facilement biodégradables
- composés organiques réfractaires
- fûts non conformes au manifeste d'accompagnement

Tous les fûts sont échantillonnés et analysés, de même que tous les arrivages en vrac par camions-citernes. Si le chargement semble conforme au manifeste d'accompagnement, on procède alors à une analyse partielle ou analyse de caractérisation pour s'assurer que le déchet dangereux correspond bien aux données indiquées sur le manifeste. S'il y a la moindre contradiction entre le chargement et le manifeste, par exemple quant au nombre de fûts, ou si l'une ou l'autre des analyses de caractérisation ne peut confirmer les renseignements indiqués sur le manifeste, il faut alors procéder à une analyse chimique complète du chargement. Aucun fût ne

peut être déchargé et aucune citerne ne peut être vidangée avant que les déchets ne soient identifiés de façon positive et que le centre de traitement physico-chimico-biologique confirme la traitabilité de ces déchets.

Les fûts sont déversés dans des réservoirs d'équilibre au moyen de deux systèmes sous vide distincts, l'un pour les déchets inorganiques et l'autre pour les déchets organiques, puis les déchets sont amenés par pompage dans les cuves de stockage ou réservoirs de retenue. Les eaux usées inorganiques et organiques sont elles aussi stockées dans des cuves de stockage et de retenue distinctes, essentiellement de la même façon que pour les fûts. Les vapeurs émanant des systèmes sous vide sont captées par le dispositif d'épuration des gaz.

## B.2 Exploitation normale

### B.2.1 Traitement physico-chimique

#### 2.1.1 Généralités

Les éléments-clés des processus d'exploitation, de mise en service et d'arrêt normaux du centre de traitement, ainsi que des processus d'exploitation et d'arrêt d'urgence, sont habituellement définis par écrit dans le "mode opératoire du centre." Ce protocole définit normalement les conditions d'exploitation propres à chaque type de déchet, pour chaque étape du traitement.

Le protocole d'exploitation complet applicable en situation normale définit habituellement ce qui suit :

- préparation des réactifs (p. ex. concentration, volume des composantes-clés);
- conditions de charge des réacteurs durant chaque étape du traitement (p. ex. quantités de réactifs, pression, température, pH, potentiel d'oxydoréduction, durée des cycles);
- conditions de traitement des autres dispositifs;
- disposition de l'appareillage/des conduits (p. ex. emplacement des soupapes, besoins en : isolants, dispositifs d'épuration, systèmes d'extinction par gaz inerte, dispositifs de ventilation, de rinçage, de drainage, d'agitation, de recirculation, etc.);
- réglages des instruments;
- exigences en matière d'échantillonnage au hasard et d'analyses;
- mises en garde (concentrations/conditions maximales, fin des réactions, mesures à prendre en cas de résultats ou de conditions inhabituels).

Comme nous l'avons mentionné précédemment, la définition que nous faisons des centres de traitement physico-chimique des déchets inorganiques dans le présent document est très vaste. Aussi n'avons-nous retenu dans la discussion qui suit que les principales étapes de traitement et conditions d'exploitation.

### 2.1.2 Oxydation

Les étapes décrites ci-après caractérisent le fonctionnement normal d'un réacteur d'oxydation utilisé pour le traitement d'une eau de rinçage typique contenant des cyanures et résultant d'un processus de placage au cadmium (flux A) :

1) Caractérisation des déchets (par échantillonnage), suivie du mélange (de cuvées de déchets similaires) et d'une dilution (au besoin). Toutes ces étapes se déroulent dans les aires de stockage et de mélange, en amont du poste de traitement physico-chimique.

2) Pompage des déchets depuis l'aire de stockage vers le réacteur d'oxydation, au moyen d'une pompe de transfert centrifuge située dans l'aire de stockage. L'arrivée des déchets cesse lorsque le niveau normal de déchets dans le réacteur est atteint.

3) Circulation, au moyen de la pompe inférieure du réacteur, de la cuvée de déchets à travers une boucle externe de réchauffement/refroidissement pour idéalement amener la température des déchets à la température ambiante (15 à 32 °C);

4) Mise en marche de l'agitateur du réacteur.

5) Correction du pH des déchets avec cyanures par l'addition d'un alcali (solution d'hydroxyde de calcium à 10 – 15 % en poids) au moyen d'un système d'alimentation semi-automatique. L'addition d'alcalis cesse lorsque le pH des déchets atteint environ 9,5 – 10.

6) Addition de l'oxydant (solution d'hypochlorite de sodium 10-11 %, en poids) dans le réacteur à un taux prédéterminé, au moyen d'un système d'alimentation semi-automatique. L'addition d'oxydants cesse lorsque le potentiel d'oxydoréduction indique que le point de virage de la réaction a été atteint.

7) Au début de l'étape 6, actionnement manuel du dispositif de circulation à travers la boucle de refroidissement externe, pour éliminer la chaleur de réaction exothermique qui se dégage et maintenir généralement la température à l'intérieur des limites de la température ambiante. Il est en outre souhaitable de procéder à la dilution des substances oxydables, notamment les solutions de déchets contenant des cyanures, pour éviter la surchauffe et le dégagement du gaz CNCl. La concentration de CN dans les déchets dilués ne devrait généralement pas dépasser quelques milliers de ppm.

8) Période de "trempage" chronométrée de 2 à 24 heures (avec ou sans circulation externe, selon les besoins) pour assurer le mélange et l'oxydation complets de la cuvée.

9) Si l'appareil servant à mesurer le potentiel d'oxydo-réduction indique que la réaction d'oxydation est incomplète après l'étape 8, les phases 5 à 8 peuvent être répétées au besoin. Si la réaction est clairement terminée, la cuvée de déchets entièrement oxydés est alors amenée, par pompage, dans le réservoir de neutralisation.

### 2.1.3 Réduction

Les étapes indiquées ci-après caractérisent le fonctionnement normal d'un réacteur de réduction utilisé pour le traitement d'un déchet aqueux typique à forte teneur en chrome hexavalent (flux B).

1) Caractérisation des déchets (par échantillonnage), suivie du mélange (de cuvées similaires) et d'une dilution (au besoin). Toutes ces étapes se déroulent dans les aires de stockage et de mélange, en amont du poste de traitement physico-chimique.

2) Pompage des déchets depuis l'aire de stockage vers le réacteur de réduction, au moyen d'une pompe de transfert centrifuge située dans l'aire de stockage. L'arrivée des déchets cesse lorsque le réservoir du réacteur détecte un niveau élevé de déchets.

3) Circulation, par la pompe inférieure du réacteur, de la cuvée de déchets à travers une boucle de réchauffement/refroidissement externe pour amener idéalement la température de la cuvée de déchets à la température ambiante (15 à 32 °C);

4) Mise en marche de l'agitateur du réacteur.

5) Acidification du pH des déchets normalement acides par l'addition d'un acide (acide sulfurique 93 % en poids) au moyen du système d'alimentation semi-automatique. L'addition d'acides cesse lorsque le pH des déchets atteint environ 3,0.

6) Addition d'un réducteur (solution de bisulfite de sodium 35 % en poids) à un taux prédéterminé, au moyen d'un système d'alimentation semi-automatique. L'addition de réducteurs cesse lorsque le potentiel d'oxydoréduction indique que le point de virage de la réaction a été atteint.

7) Répétition périodique de la phase 5, pour maintenir le pH des déchets après l'addition de bisulfite de sodium comme réducteur.

8) Période de "trempage" chronométrée de 15 à 30 minutes pour assurer le mélange et la réduction complets de la cuvée.

9) Si l'appareil servant à mesurer le potentiel d'oxydo-réduction indique que la réaction de réduction est incomplète après l'étape 8, les phases 6 à 8 peuvent être répétées au besoin. Si la réaction est clairement terminée, la cuvée de déchets entièrement réduits est alors amenée, par pompage, dans le réservoir de neutralisation.

### 2.1.4 Neutralisation et précipitation

Les étapes indiquées ci-après caractérisent le fonctionnement normal des procédés de neutralisation et de précipitation.

a) Traitement des déchets A

1) Pompage des déchets, depuis le réacteur d'oxydation vers le bassin de neutralisation, par la pompe inférieure du réacteur.

2) Mise en marche de l'agitateur du réacteur.

3) Correction du pH des déchets par l'addition d'un alcali (solution d'hydroxyde de calcium 10-15 % en poids) au moyen du système d'alimentation en alcalis. L'addition d'alcalis cesse lorsque le pH des déchets atteint le niveau approprié pour favoriser une précipitation maximale du cadmium en solution sous forme d'hydroxyde de cadmium (habituellement à un pH supérieur à 10).

4) Actionnement manuel du dispositif de circulation à travers la boucle de refroidissement externe au début de la phase 3, pour éliminer la chaleur de réaction exothermique qui se dégage et maintenir généralement la température dans les limites de la température ambiante (15 à 32 °C). Le refroidissement externe effectué de cette façon peut s'avérer nécessaire lors de la neutralisation de solutions concentrées contenant des bases fortes (ou des acides forts).

5) Période de "trempage" chronométrée de 15 à 30 minutes pour assurer le mélange et la neutralisation complets.

6) Mesure du pH de la cuvée de déchets. Si le pH ne se situe pas à l'intérieur des limites acceptables, la phase 3 est répétée et le pH est corrigé par l'addition d'un acide ou d'un alcali, suivant les besoins; on répète ensuite les étapes 4 et 5. Si le pH est acceptable, la cuvée neutralisée est amenée par pompage dans le(s) bassin(s) de décantation.

b) Traitement du flux B

1) Pompage des déchets du bassin de réduction au bassin de neutralisation, par la pompe inférieure du réacteur.

2) Voir phase 2 qui précède (traitement des déchets A).

3) Correction du pH des déchets par l'addition d'un alcali (solution d'hydroxyde de calcium 10-15 % en poids) au moyen du système d'alimentation en alcalis. L'addition d'alcalis cesse lorsque le pH de la cuvée atteint le niveau nécessaire pour favoriser une précipitation maximale du chrome trivalent en solution sous forme d'hydroxyde de chrome (habituellement à un pH de 7 à 8).

4) Voir phase 4 qui précède (flux A).

5) Voir phase 5 qui précède (flux A).

6) Voir phase 6 qui précède (flux A).

c) Traitement du flux C

1) Caractérisation des déchets (par échantillonnage), suivie du mélange (de cuvées analogues) et d'une dilution (au besoin). Toutes ces étapes se déroulent à l'intérieur des réservoirs de stockage et de mélange, en amont du poste de traitement physico-chimique.

2) Voir phase 2 en A.

3) Correction du pH par l'addition d'un alcali (solution d'hydroxyde de calcium 10-15 % en poids) au moyen du système d'alimentation en alcalis. L'addition d'alcalis cesse lorsque le pH de la cuvée atteint le niveau requis pour favoriser une précipitation maximale du nickel en solution sous forme d'hydroxyde de nickel (normalement à un pH supérieur à 10).

4) Addition possible d'une quantité prédéterminée d'un agent de précipitation (solution de sulfhydrate de sodium), par le système d'alimentation en sulfures. Cette étape est effectuée lorsqu'il faut obtenir une plus grande précipitation des métaux lourds pour satisfaire aux normes d'effluent.

5) Voir phase 5 en A.

6) Voir phase 6 en A.

### 2.1.5 Séparation par gravité

Les étapes indiquées ci-après caractérisent le fonctionnement normal du procédé de séparation par gravité.

1) Pompage du contenu du réacteur de neutralisation vers un des bassins de décantation, par la pompe inférieure du réacteur. Addition simultanée et dosée de floculants (solution aqueuse de polyélectrolytes) dans l'alimentation du bassin de décantation.

2) Mise en marche, à faible régime, de l'agitateur du bassin de décantation pour favoriser le grossissement des flocs formés par l'agglomération des particules fines et des particules quasi colloïdales des sels métalliques et en favoriser ainsi la décantation.

3) Arrêt de l'agitateur après une courte période de temps (habituellement de quelques minutes à 30 minutes) pour permettre aux particules floculées de se déposer au fond du bassin sous forme de boues. La période de décantation qui suit la floculation est extrêmement variable (de 2 minutes à plusieurs heures) et dépend de plusieurs facteurs liés au floculant (poids moléculaire, dosage, vitesse de réaction, etc.) et au précipité métallique (taille des particules, présence d'autres cations, d'ions, d'ions chélateurs, etc.)

4) Les boues se déposent dans la section conique des bassins de décantation. Le volume des boues est mesuré à l'aide d'un indicateur de niveau installé sur le bassin de décantation. Ce dispositif se compose d'un transmetteur à ultra-sons et d'un détecteur/transducteur qui n'entre pas en contact avec les liquides de traitement.

5) Lorsqu'une quantité suffisante de boues s'est accumulée dans le bassin de décantation, la boucle de filtration sous pression est actionnée. Le filtrat est retourné du filtre sous pression vers le bassin de décantation.

6) Le filtrat clair provenant du bassin de décantation est transféré dans un des deux bassins de retenue. Ce liquide fait l'objet d'analyses finales pour s'assurer qu'il est conforme aux normes d'effluent.

7) L'effluent liquide conforme est pompé du réservoir de retenue et circule à travers un dispositif de refroidissement de l'effluent pour être ensuite déversé dans le milieu récepteur. Le liquide qui ne satisfait pas aux normes d'effluent doit être ramené en tête de la chaîne de traitement.

### 2.1.6 Filtration sous pression

Les étapes qui suivent caractérisent le fonctionnement normal du procédé de filtration sous pression.

1) Circulation, à travers le filtre sous pression, d'une solution aqueuse adéquate contenant un adjuvant pour filtre à précouche.

2) Circulation des boues provenant du bassin de décantation à travers le filtre sous pression, au moyen de la pompe à boues, et retour du filtrat dans le bassin de décantation. Il s'agit d'une pompe volumétrique (type à cavité progressive) qui assure un débit sans vibration et à faible force de cisaillement, pour réduire au minimum les risques de rupture des adjuvants de filtration et maintenir les boues à l'état floculé.

3) En même temps que la phase 2, il y a injection d'une solution aqueuse appropriée contenant un adjuvant de filtration dans le système d'arrivée des boues au filtre sous pression, pour maintenir la porosité du gâteau de sédiments.

4) À mesure que les cavités du filtre se remplissent, la chute de pression à l'intérieur du filtre s'intensifie. Lorsque la chute de pression à travers le filtre devient excessive (nominalement 60 à 100 psi), on procède à la dépressurisation manuelle du filtre.

### 2.1.7 Solidification/stabilisation

Les phases indiquées ci-après caractérisent le fonctionnement normal du procédé normal de solidification.

1) Lorsque le cycle de filtration sous pression est terminé, on procède au dégagement des plaques du filtre et les matières solides qui s'y sont déposées (gâteau de boues) sont versées manuellement dans une trémie ou un skip. Plusieurs chargements de gâteaux de boues peuvent s'avérer nécessaires pour accumuler un volume de matières solides suffisant pour justifier un traitement ultérieur.

2) Le contenu des trémies est pesé (sur la base de la "tar") à l'aide d'une balance à bascule fixe.

3) Transfert d'une "charge normale" (masse prédéterminée) du gâteau de boues par le skip vers la goulotte d'alimentation du malaxeur et déversement dans le malaxeur.

4) Mise en marche du malaxeur.

5a) Addition de chaux hydratée fine (1/8 po ou moins) provenant d'une cuve journalière (munie au fond de vibrateurs de trémie), par un alimenteur à vis à pas variable et à débit assisté vers une balance à bascule pour charge discontinue.

6a) La balance pèse automatiquement la prochaine quantité de chaux après le déversement de la cuvée.

7) La chaux se déverse par gravité dans le malaxeur, sur commande de l'opérateur.

5b) Des cendres volantes fines (en général moins de 100 mailles) sont amenées automatiquement d'une cuve journalière (munie au fond d'aérateurs de trémie), directement dans une balance à bascule munie d'une trémie de pesage intégrée.

6b) La balance pèse automatiquement le volume suivant de cendres volantes après le déversement de la cuvée.

8) Les cendres volantes se déversent par gravité dans le malaxeur, sur commande de l'opérateur.

9) Tous les produits déversés dans le malaxeur (de façon séquentielle) sont mélangés pendant une période appropriée.

10) Le mélange issu du malaxeur (ciment de type pouzzolanique) est déversé sur un convoyeur à bande plate alimenté par le bas et transporté à l'extérieur du bâtiment vers le dépôt ou directement dans un camion à benne basculante.

*Notes*

1) L'ordre des phases de mélange mentionnées précédemment est hypothétique. Il peut varier en situation réelle selon la nature des boues, les additifs requis, etc.

2) Les activités de mélange précitées sont amorcées manuellement. Elles pourraient toutefois être commandées automatiquement à l'aide d'un dispositif de commande à débit intermittent fonctionnant de la même façon que les procédés en discontinu utilisés dans l'industrie chimique.

3) Il se produit habituellement un durcissement du ciment pouzzolanique, dont la consistance limono-argileuse initiale devient par la suite similaire à celle d'un béton de faible résistance. Le durcissement se produit sur une période nominale de 28 jours.

### 2.1.8 Épuration des gaz évacués

Les étapes qui suivent sont caractéristiques du fonctionnement normal du dispositif d'épuration des gaz.

1) Les trois épurateurs de gaz constituent des dispositifs autonomes qui fonctionnent continuellement et indépendamment des contrôles extérieurs, durant toutes les phases du traitement physico-chimique de déchets inorganiques. Grâce aux limiteurs installés au point de sortie de chaque réservoir ou cuve de réaction reliés

au collecteur du système d'aération, le système d'épuration des gaz peut continuer de fonctionner indépendamment de chaque réservoir/cuve.

2) La préparation de solution acide (ou alcaline) durant la phase 1 (ou 2) du procédé d'épuration des gaz se fait manuellement, selon les besoins.

3) Le drainage des déchets acides (ou alcalins) remplis de contaminants issus de la phase 1 (ou 2) de l'épuration des gaz évacués se fait également manuellement, selon les besoins.

### 2.1.9 Problèmes de fonctionnement possibles

Le tableau B-1 présente une liste de problèmes qui peuvent se produire durant les différents procédés de traitement physico-chimique, ainsi que les mesures de prévention appropriées.

### B.2.2 Traitement biologique

Dans le cas du procédé biologique aux boues activées, les facteurs importants sont le pH, la température et la toxicité. Ainsi, suivant le type de déchets, le procédé doit normalement se dérouler à un pH variant entre 6,5 et 9,0. A un pH inférieur à 6,5 ou supérieur à 9,0, la vitesse du métabolisme habituellement diminue. Par ailleurs, bien que le procédé aux boues activées puisse avoir un certain effet tampon sur les variations raisonnables du pH des eaux usées, on obtient de meilleurs résultats lorsque le pH de l'influent est maintenu entre 6,5 et 9,0. Dans la plupart des applications de ce procédé, on utilise le tampon bicarbonate. Les variations de température peuvent également avoir un effet significatif sur l'efficacité du procédé aux boues activées. Ainsi, une augmentation de 10 °C peut doubler la vitesse d'oxydation biologique. Les variations saisonnières lentes ont moins d'effets, car le biosystème peut s'adapter aux changements lents qui se produisent à l'intérieur d'un certain écart de température. Entre 10 et 30 °C, il est possible de modifier l'efficacité du traitement en variant la concentration de micro-organismes utilisés.

Comme le procédé aux boues activées est, contrairement aux procédés de traitement physico-chimique, continu (à l'exception des phases préliminaires de mélange, d'équilibrage, etc. et du nettoyage périodique du filtre-presse), les diverses opérations ne nécessitent pas autant de main-d'oeuvre que les procédés physico-chimiques. Le système doit néanmoins faire l'objet d'une surveillance adéquate, afin d'assurer un environnement approprié pour les micro-organismes, d'éviter les surcharges dans le bassin d'aération et d'assurer une bonne séparation des phases liquide et solide dans le clarificateur. Le maintien d'un environnement propice aux micro-organismes dépend essentiellement de l'efficacité des opérations de réception et de stockage des déchets [éviter que des métaux lourds, des cyanures, etc. ne soient mélangés aux eaux usées organiques (voir section 5.1] et du fonctionnement efficace des phases de prétraitement.

L'application du procédé aux boues activées pour le traitement des déchets organiques dangereux pose sans doute plus de problèmes au niveau de l'alimentation et du réglage, qu'au niveau du procédé lui-même. D'où la nécessité d'appliquer des mesures permettant d'assurer un contrôle rigoureux de l'inventaire et du chargement en tête du procédé. De façon générale, le prétraitement inclut les étapes suivantes :

- régler le pH;

- mélanger les eaux usées d'arrivée dont la charge de D.B.O., les constituants organiques et les autres caractéristiques varient, afin d'éviter les surcharges;
- diluer les composés organiques réfractaires (difficilement biodégradables) dans de grandes quantités (dans des proportions disons de 8 à 10 pour 1) de composés organiques facilement biodégradables.
- éviter la surcharge du procédé aux boues activées, de même qu'une charge insuffisante qui aurait pour effet de priver de nourriture les micro-organismes acclimatés.

Comme la clé du procédé de traitement aux boues activées est le maintien d'une forte concentration de micro-organismes dans le bassin de contact, il est essentiel d'assurer une séparation efficace des liquides et des solides. Un des principaux problèmes vient du foisonnement des boues, un phénomène qui rend anormalement difficile la séparation des liquides et des solides à cause des caractéristiques de sédimentation des solides. Au nombre des conditions environnementales propices au foisonnement des boues, mentionnons une forte concentration de glucides dans les eaux usées ou un manque d'oxygène ou d'éléments nutritifs dans le système. Ces conditions peuvent toutefois être corrigées si elles sont décelées rapidement. Malheureusement, le foisonnement des déchets et les facteurs responsables de ce phénomène ne sont pas toujours faciles à déceler et des pertes excessives de matières solides dans l'effluent peuvent se produire périodiquement. Le cas échéant, le contenu d'un ou de plusieurs bassins de retenue de l'effluent doit être recyclé vers le bassin d'équilibre.

Les dispositifs de manipulation et d'élimination des boues sont relativement simples à exploiter. Le bon fonctionnement du dispositif de flottation par air dissous nécessite quant à lui le maintien d'un bon rapport air/matières solides, ainsi que d'un taux d'alimentation en polyélectrolytes approprié. La section 2.1.6 décrit les caractéristiques essentielles du fonctionnement du filtre-presse.

**TABLEAU B-1**

**PROBLÈMES POTENTIELS ET MESURES DE PRÉVENTION ASSOCIÉS AUX PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème Possible | Mesures de Prévention |
|---|---|---|
| **Mise en service de l'usine** | - Non-fonctionnement des principaux instruments/dispositifs d'urgence/systèmes d'alimentation<br>- Non-blocage des soupapes de sectionnement/de vidange<br>- Les réservoirs/cuves n'ont pas été vidés après le dernier traitement.<br>- Les circuits d'amenée des boues, les filtres et les malaxeurs n'ont pas été nettoyés.<br>- Les dispositifs d'injection des produits chimiques n'ont pas été réglés pour répondre aux besoins du nouveau traitement.<br>- Les cuves d'additifs pour la préparation du ciment pouzzolanique n'ont pas été remplies.<br>- Les conduits de dérivation pour mise en service ne fonctionnent pas.<br>- Formation incomplète sur le mode d'exploitation normal/ mesures d'urgence.<br>- Le mode opératoire est incomplet ou non disponible.<br>- Absence d'équipement de protection adéquat.<br>- Les relevés d'analyse sur les cuvées de déchets sont inexacts ou non disponibles.<br>- Les feuilles de charge du réacteur sont incomplètes ou non disponibles.<br>- Le mode opératoire, les fiches sur les produits chimiques dangereux, les fiches techniques sur les produits, etc. sont inexacts ou non disponibles. | - S'assurer que les exploitants connaissent parfaitement l'ensemble des appareils et des dispositifs de commande du centre de traitement et les risques en cause et qu'ils ont reçu la formation nécessaire sur le mode d'exploitation normal et les mesures d'urgence.<br>- S'assurer que le mode opératoire, les mesures d'urgence et les plans de mise en service satisfont aux normes concernant la sécurité du personnel et la réduction de la pollution.<br>-S'assurer que les préposés aux opérations ont accès aux plans de travail quotidiens, aux relevés de charge des réacteurs, aux fiches sur les produits chimiques dangereux et aux fiches techniques et qu'ils ont effectué toutes les vérifications préalables requises avant le début du traitement.<br>-Déterminer tous les risques associés à des déchets particuliers, y compris ceux qui pourraient survenir en situation anormale. |
| **Oxydation/Réduction Neutralisation** | - Fuite de substances dangereuses provoquée par des réactions imprévues, p. ex. accumulation excessive de chaleur ou de pression dans le réacteur ou débordement. | - Procéder au préalable à des simulations en laboratoire pour déterminer les taux de mélange appropriés et la traitabilité des déchets.<br>- Caractériser au préalable toutes les cuvées de déchets. Effectuer tous les mélanges et dilutions requis. |

**TABLEAU B-1 (suite)**

**PROBLÈMES POTENTIELS ET MESURES DE PRÉVENTION ASSOCIÉS AUX PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème Possible | Mesures de Prévention |
|---|---|---|
| **Mise en service de l'usine** | | - Préparer les fiches de charge du réacteur (recettes) et les plans de travail quotidiens pour chaque déchet. |
| | | - Recueillir et épurer les gaz évacués du réacteur. |
| | - Libération de fumées toxiques dans le système d'aération. | - Installer des détecteurs de gaz toxiques. |
| | - Fuite accidentelle de fumées toxiques à l'intérieur du bâtiment. | - Maintenir une pression d'air positive dans toutes les zones de travail à l'aide d'un système de ventilation à air non recyclé. |
| | | - Installer des cartouches filtrantes ou des respirateurs appropriés aux endroits stratégiques. |
| | - Fuites à partir du réacteur et des autres réservoirs risquant de contaminer les eaux de surface ou les eaux souterraines. | - Séparer et recueillir toutes les substances déversées sur le plancher dans des bordures et des fossés menant à des cuves de décharge. |
| | - Fuites des appareils durant les transferts effectués entre les différentes étapes du traitement. | - Installer les réservoirs de réaction à l'intérieur d'une enceinte de confinement entourée d'un fossé, pour contenir les liquides déversés lors de fuites ou de bris. |
| | | - Prévoir un dispositif de traitement intégré en cas de déversements. |
| | | - Aménager des installations de lavage pour les réacteurs, les cuves, les conduits, les planchers. |
| | - Transfert accidentel de produits chimiques dangereux ayant subi un traitement incomplet. | - Échantillonner les déchets traités avant leur rejet dans l'effluent et reprendre le traitement, au besoin. |
| **Séparation par Gravité** | Voir "Généralités — ensemble des opérations". | |
| **Filtration sous Pression** | - Rejet de substances toxiques dans l'atmosphère durant le nettoyage des filtres. | - Installer des hottes pour recueillir les vapeurs. |
| | | - Diriger les vapeurs vers le dispositif d'épuration des gaz. |
| **Solidification/Stabilisation** | - Voir "Généralités — ensemble des opérations" | |
| **Épuration des Gaz** | - Voir "Généralités — ensemble des opérations" | |
| **Systèmes Auxiliaires** | - Panne des systèmes techniques (électricité, air d'alimentation) | - Fermeture de l'usine. |
| | - Détection de gaz toxiques | - Fermeture du centre. |
| | - Détection d'incendies | - Fermeture du centre (voir ensemble des opérations) |

TABLEAU B-1 (suite)

## PROBLÈMES POTENTIELS ET MESURES DE PRÉVENTION ASSOCIÉS AUX PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE

| Activité | Problème Possible | Mesures de Prévention |
|---|---|---|
| **Manipulation en Vrac des Matiètes solides (cendres volantes, chaux)**<br><br>Nota: Les aires de stockage en vrac doivent être situées à proximité, mais non à l'intérieur du poste de traitement physico-chimique | - Déversements susceptibles de contaminer les eaux de surface ou souterraines.<br><br>- Personnel exposé à des risques durant la manipulation de la chaux (p. ex. contact avec la peau, inhalation). | - Procéder au chargement et au déchargement des produits en vrac dans un lieu spécial dont le revêtement est fait d'asphalte ou de béton imperméable, pour faciliter le nettoyage des déversements.<br><br>- Utiliser des convoyeurs pneumatiques pour le déchargement des produits secs en vrac et leur transfert, en vrac, dans les cuves de traitement.<br><br>- Filtrer l'air qui s'échappe des cuves de stockage lors du transfert en vrac sur convoyeurs pneumatiques. |
| **Stockage de Réactifs Chimiques** | - Fuites à partir des cuves ou des barils de stockage des réactifs à l'intérieur de l'usine, risquant de contaminer les eaux de surface ou souterraines. | - Placer les cuves de stockage des réactifs à l'intérieur d'une zone de confinement spéciale, séparée du lieu de traitement, pour éviter l'étalement de liquides advenant la fuite ou la rupture des cuves.<br><br>- Entourer chaque cuve d'un rebord de confinement distinct.<br><br>- Identifier clairement tous les appareils/conduits/cuves de stockage contenant des déchets dangereux par des affiches indiquant, s'il y a lieu, l'explosivité, l'inflammabilité, la toxicité, la réactivité et le caractère corrosif des produits. |
| **Généralités — Ensemble des Opérations** | - Éclaboussures, inhalation ou vaporisation de substances toxiques — ou inhalation chronique d'"odeurs" de fond.<br><br>- Incendies dans les bureaux, les laboratoires de traitement, les aires de stockage ou les aires de déchargement. | - Porter des vêtements et des appareils respiratoires de protection.<br><br>- Laver à fond avec de l'eau et du détergent le lieu du déversement.<br><br>- Prévoir des aires de stockage distinctes pour les réactifs en fûts.<br>— Mettre sur pied un programme de suivi médical.<br><br>- Installer des détecteurs d'incendies.<br><br>- Installer des extincteurs, des extincteurs automatiques, des extincteurs à neige carbonique ou des extincteurs à mousse, suivant les besoins.<br><br>- Isoler les aires de stockage de liquides inflammables par l'aménagement de fossés. |

## B.3 Marches à suivre pour la mise en service, le démarrage et l'arrêt des installations

### B.3.1 Traitement physico-chimique

#### 3.1.1 Mise en service

Comme nous l'avons mentionné précédemment, les procédures normales de mise en service sont habituellement définies dans le mode opératoire écrit du centre de traitement. Il y a lieu toutefois de faire une nette distinction entre la mise en service de l'usine (étape préalable ) et le démarrage des opérations. La mise en service fait référence généralement aux essais de fonctionnement qui doivent être faits sur tous les appareils, systèmes mécaniques et électriques et instruments de commande, afin de s'assurer qu'ils fonctionnent conformément aux normes de conception. Ces essais ne doivent habituellement pas être répétés, sauf dans le cadre des vérifications de sécurité/de fonctionnement de routine, après une vaste modernisation de l'usine ou pour évaluer les problèmes qui surviennent. La mise en service d'une nouvelle usine comporte souvent un essai "à l'eau," ce qui signifie que les appareils sont mis en service en utilisant d'abord de l'eau pure et en simulant le plus possible les conditions réelles d'exploitation, afin de vérifier le fonctionnement des pompes, des agitateurs, des systèmes électriques et autres, des commandes automatiques, des soupapes de contrôle, etc.

Les directives précises relatives au processus normal de démarrage après un arrêt des opérations décrivent habituellement ce qui suit :

- ordre général d'entrée en service des installations du centre;
- mises en garde ou précautions générales concernant l'appareillage/les instruments;
- ordre précis de mise en service des systèmes auxiliaires (courant électrique, instruments, eau de refroidissement, combustible/gaz inerte, égouts/drainage, source de chaleur)
- ordre précis de mise en branle des différents procédés

**Nota** : l'addition des produits chimiques est décrit à la section B.2.1 — opérations normales

La liste de contrôle qui suit concernant le processus normal de démarrage est très générale et est conforme à la définition du centre de traitement physico-chimique type utilisée dans le présent document.

#### 3.2.1 Ordre général de mise en service

Les diverses installations du centre doivent être mises en service et en opération dans l'ordre suivant :

- installations générales (courant électrique, air d'alimentation, eau de refroidissement, combustible/gaz inerte, apport de chaleur)
- installations reliées au poste de traitement physico-chimique (système d'épuration des gaz évacués, système de ventilation de l'immeuble, détecteurs d'incendie, détecteurs de gaz toxique).

### 3.1.3 Précautions à prendre lors de la mise en marche de l'appareillage/des instruments

- S'assurer que les soupapes de sectionnement/de vidange sur les appareils, les réservoirs, les cuves, les pompes sont fermées.
- S'assurer que les commandes automatiques/soupapes de contrôle fonctionnent.
- S'assurer que les dispositifs auxiliaires sur les appareils fonctionnent (p. ex. manomètre, thermomètre, indicateur de niveau, raccords des détecteurs à commande automatique).
- Vérifier le contenu de tous les réservoirs, cuves, réacteurs, cuves de décharge/de drainage.
- S'assurer que les appareils nécessitant un nettoyage, un lavage, etc. manuel périodique fonctionnent bien (p. ex. circuit d'alimentation en boues, plaques du filtre-presse, malaxeur).
- Vérifier les dispositifs d'injection de produits chimiques [p. ex. hypochlorite de sodium, bisulfite de sodium, acide sulfurique, hydroxyde de calcium, sulfure de sodium, floculant, adjuvant de filtration].
- Vérifier le contenu des cuves journalières des ingrédients servant à la préparation du mélange pouzzolanique (p. ex. cendres volantes, chaux, ralentisseur, fixatif).

### 3.1.4 Aspects touchant la mise en marche des installations de traitement

Les installations de traitement doivent être mises en service et en opération généralement dans l'ordre indiqué ci-après, lequel doit correspondre à l'ordre dans lequel sont acheminés les déchets dans les divers dispositifs de traitement :

- Vérifier les fiches d'analyse (disponibles dans les aires de stockage/de mélange) pour déterminer le mélange définitif des déchets aqueux.
- Vérifier les fiches de charge du réacteur ("recette" ou marches à suivre prévues).
- S'assurer que tous les employés disposent de l'équipement de protection individuelle requis et qu'ils ont reçu le plan quotidien des opérations, les feuilles de charge, les fiches sur les produits chimiques dangereux et les fiches techniques sur les produits.
- Régler à l'avance le débit et le temps de charge des pompes doseuses utilisées pour les différents produits chimiques.
- Régler à l'avance la balance à bascule pour charge discontinue utilisée pour peser les différents ingrédients du mélange de pouzzolane en fonction de la charge courante du malaxeur.
- Ouvrir les soupapes de sectionnement et mettre en marche les pompes de circulation en mode de dérivation (s'il y a lieu), en succession.

### 3.1.5 Marches à suivre pour l'arrêt normal des activités

En général, les procédures normales d'arrêt sont également définies dans le mode opératoire écrit du centre de traitement. Ces marches à suivre sont essentiellement les mêmes que celles définies précédemment pour la mise en marche, sauf qu'elles doivent se dérouler dans l'ordre inverse.

Le déclassement des installations récemment fermées nécessite également le curage des appareils ou des canalisations

a) dans lesquels des solides peuvent s'accumuler et se déposer;

b) dans lesquels des résidus toxiques pourraient nuire aux traitements futurs ou présenter des risques lors de l'entretien.

## B.3.2 Traitement biologique

### 3.2.1 Mise en service

Comme dans le cas des procédés de traitement physico-chimique, la mise en service initiale d'une nouvelle installation de traitement aux boues activées nécessite la conduite d'essais de fonctionnement sur tous les appareils et systèmes mécaniques et électriques et tous les instruments de réglage, afin de s'assurer qu'ils fonctionnent conformément aux normes de conception. Les systèmes auxiliaires sont ensuite mis en marche; dans le cas du procédé aux boues activées, il s'agit principalement des systèmes d'alimentation électrique, de l'air d'alimentation et des systèmes de chauffage et de ventilation du bâtiment, s'il y a lieu. Les canalisations sont rincées à grande eau et tous les débris de construction doivent être éliminés du système.

Le système au complet est ensuite rempli d'eau fraîche jusqu'au niveau normal de fonctionnement et un essai à l'eau est effectué. Cet essai, qui prévoit la mise en marche de l'ensemble des pompes, des agitateurs, des aérateurs, des écumoirs/racloirs de boues, des ventilateurs, des commandes automatiques, des soupapes de contrôle, etc. dans des conditions se rapprochant le plus possible des charges normales, vise à s'assurer que l'appareillage fonctionne normalement et sans problème. Le système peut ensuite être mis en marche.

### 3.2.2 Procédures de mise en marche

Un nouveau système de traitement par les boues activées, ou un système qui a dû être arrêté pour des travaux majeurs de réfection ou de modernisation, est habituellement rempli d'eau fraîche et doit être ensemencé avec des micro-organismes vivants. Cette étape est également nécessaire lorsque la période d'interruption du système a été suffisamment longue pour rendre les boues inactives. La façon la plus facile de faire l'ensemencement est d'utiliser des boues activées provenant d'une usine municipale d'épuration des eaux d'égout ou d'une usine d'épuration des eaux résiduaires industrielles. On peut alors commencer à acheminer l'influent, en tentant de maintenir la D.B.O. et les autres caractéristiques des eaux usées le plus près possible des valeurs auxquelles les boues ont préalablement été acclimatées. La D.B.O. et les autres caractéristiques de l'influent peuvent ensuite être modifiées graduellement pour les amener aux conditions d'exploitation désirées, à mesure que les bactéries s'acclimatent. Pour une adaptation plus rapide ou pour suppléer au processus de sélection naturelle, il est possible d'acheter des bactéries spéciales, habituellement séchées à froid, pour ensemencer ou compléter périodiquement les boues activées.

### 3.2.3 Procédures d'arrêt

Les interruptions mineures, ne nécessitant pas le vidange du système, peuvent se faire en coupant l'arrivée de l'influent et, partant, l'effluent et les boues excédentaires, auquel cas la

recirculation des boues et l'aération peuvent être maintenues ou interrompues, suivant la raison de l'arrêt ou le type d'appareil devant faire l'objet d'un entretien.

Dans le cas de travaux majeurs de réfection ou de modernisation, pour lesquels l'eau et les boues doivent être éliminés du système, on peut arrêter la recirculation des boues et l'aération et remplacer l'influent d'eaux usées par de l'eau fraîche. Ce processus permettra de déplacer graduellement les boues, depuis le bassin d'aération vers le clarificateur, duquel elles seront extraites par les dispositifs de manipulation et d'élimination des boues excédentaires. La qualité du trop-plein du clarificateur pourrait alors se détériorer et nécessiter la recirculation des eaux depuis les bassins de retenue de l'effluent vers les bassins de retenue de l'influent. Après l'élimination des boues, l'eau contenue dans le système est également transférée vers les bassins de retenue de l'influent.

## B.4 Mesures/arrêt d'urgence

### B.4.1 Traitement physico-chimique

#### 4.1.1 Généralités

Toute discussion sur les mesures d'urgence, en particulier celles entraînant l'arrêt forcé ou précipité des installations, doit d'abord faire état des divers systèmes et dispositifs de protection inclus dans la conception de l'usine, lesquels dépendent du plan d'exploitation du centre de traitement. Parmi les aspects les plus importants dont il faut tenir compte, mentionnons les suivants :

- Type fondamental de procédé (discontinu, semi-continu ou continu).
- Nombre d'heures de fonctionnement — par jour et par semaine (discontinu, continu).
- Type de surveillance par les employés (surveillance complète ou partielle).
- Type d'instruments/de commandes (automatique ou interactif, utilisation d'instruments de commande pour les procédés réguliers ou uniquement pour les systèmes d'urgence).
- Disposition de l'usine (procédés se déroulant partiellement à l'extérieur ou entièrement à l'intérieur).

Le choix des systèmes de protection dépend invariablement des coûts en capital, des frais d'exploitation, du niveau d'intervention personnelle désiré, du niveau de risques pour les employés, du niveau de risques pour l'environnement et du degré de complexité de l'entreprise, lesquels facteurs influent sur l'éventail de dispositifs de commande automatique et de systèmes de protection qui seront offerts.

Le plan d'exploitation du centre de traitement physico-chimique normal décrit dans le présent rapport peut se définir comme suit :

- procédé de traitement en discontinu
- durée d'exploitation : 24 heures/jour, 5 jours/semaine
- surveillance en tout temps
- instrumentation automatique uniquement pour les services critiques
- installations situées entièrement à l'intérieur
- attention particulière accordée aux systèmes de protection

### 4.1.2 Systèmes et dispositifs de protection

Voici les systèmes et dispositifs de protection habituellement inclus dans ce type d'installations :

a) Protection contre les incendies :
   - Voir section 8.0.

b) Détendeur de pression (et de vide)
   - Tous les réservoirs de réaction et cuves doivent être munis de soupapes de sûreté menant à des cuves de décharge. Des disques de rupture situés en amont des soupapes de sûreté isolent les composantes de la soupape contre les courants corrosifs en conditions normales d'exploitation, tout en offrant peu de résistance en cas de surpression.
   - Des soupapes de sûreté sont installées sur le côté d'écoulement des pompes volumétriques et dirigées vers le réservoir d'aspiration.

c) Confinement
   - Les réactifs doivent être entreposés dans l'aire principale de traitement.
   - Tous les réservoirs et cuves de traitement, y compris ceux contenus à l'intérieur du bâtiment, doivent être isolés par des fossés; les drains de plancher doivent se vider dans les réservoirs de recette.
   - Les plans doivent prévoir le confinement des fuites à partir des appareils (p. ex. joints étanches des pompes) et des canalisations contenant des liquides susceptibles de présenter des dangers pour le personnel ou des risques de pollution.
   - Des tubes indicateurs par pression sont prévus lorsqu'il faut obtenir une indication visuelle du niveau des liquides toxiques.
   - Toutes les installations de traitement et dispositifs servant à la manipulation d'additifs doivent être faits de matériaux de construction appropriés, afin de réduire au minimum la corrosion, l'érosion, la corrosion sous tension et la fatigue du métal, ce qui pourrait provoquer des fuites ou des pannes imprévues ou encore l'accumulation non souhaitable de produits de corrosion.

d) Systèmes d'enclenchement/de déclenchement

Les systèmes d'enclenchement peuvent en général être répartis entre les catégories suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| A) | alarme | - systèmes d'alarme sonore/visuelle |
| B) | séquentiel | - définit une série précise d'évènements |
| C) | conditionnel | - définit les conditions préalables à la prise de mesures ou à la poursuite des mesures |
| D) | de protection | - provoque l'interruption des opérations normales ou l'arrêt/la dépressurisation des appareils, etc. lorsqu'il pourrait y avoir bris d'équipement. |
| E) | sécurité | - provoque l'interruption des opérations normales ou l'arrêt/la dépressurisation des appareils, lorsque des employés pourraient être blessés ou qu'il y a risques de pollution. |

F) arrêt d'urgence - provoque l'arrêt complet des activités de l'usine, y compris de tous les appareils, lorsqu'il y a risques majeurs de pollution, de blessures pour les employés et de bris d'équipement.

Le tableau B-2 qui suit fournit des exemples généraux de perturbations qui pourraient survenir dans un centre de traitement physico-chimique normal comme celui défini dans le présent rapport, ainsi que des dispositifs d'enclenchement et des mesures d'arrêt ou de correction associés. Dans le cas d'une usine qui, comme celle décrite ici, ferait l'objet d'une surveillance complète, les problèmes de fonctionnement imprévus provoquent habituellement, mais pas toujours, le déclenchement d'une alarme. Lorsque le seul le systèmes d'alarme est déclenché, le préposé a alors la possibilité de corriger la situation sans avoir à fermer inutilement l'usine. En revanche, des incidents graves nécessitent l'arrêt forcé des appareils ou de l'usine, selon la gravité de la situation.

**TABLEAU B -2**

**MESURES/ARRÊTS D'URGENCE IMPRÉVUS — TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème | Système d'Enclenchement | Mécanisme Automatique | Intervention du Préposé |
|---|---|---|---|---|
| Transfert des déchets de l'entrepôt | - Niveau du réacteur élevé | Sécurité | - Arrêt de la pompe de transfert | |
| Oxydation des déchets | - Température du réacteur élevée | Protection | - Arrêt de la pompe d'oxydants | - Refroidissement externe de la cuvée |
| | - Arrêt de l'agitateur | Alarme | - Arrêt de la pompe d'oxydants | - Réparer/actionner l'agitateur |
| | - Pression du réacteur élevée | Protection | - Actionnement de la soupape de sûreté | - Déversement de la cuvée dans la cuve de recette (facultatif) |
| | - Maintien d'un pH bas | Sécurité | - Actionnement de la soupape de sécurité | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| | - Pression de la pompe d'oxydants élevée | Protection | | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| Transfert des déchets dans le bassin de neutralisation | - Pression de décharge élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| Correction du pH des déchets | - Pression élevée de la pompe d'alcalis | Protection | - Actionnement de la soupape de sûreté | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| | - Arrêt de l'agitateur | Alarme | | - Réparer/remettre en marche l'agitateur. |
| Dispositif de réchauffement/refroidissement | - Pression différentielle élevée dans l'échangeurAlarme | Alarme | | - Voir si l'échangeur est bloqué. |
| **Réduction** | | | | |
| Transfert des déchets de l'entrepôt | - Niveau du réacteur élevé | Sécurité | - Arrêt de la pompe de transfert | |
| Réduction des déchets | - Température du réacteur élevée | Protection | - Arrêt de la pompe de réduction | - Refroidissement externe de la cuvée |
| | - Arrêt de l'agitateur | Alarme | | - Réparer/actionner l'agitateur. |
| | - Pression du réacteur élevée | Protection | - Arrêt de la pompe de réducteurs<br>- Actionnement de la soupape de sûreté | - Déverser la cuvée dans le réservoir de recette (facultatif) |
| | - Maintien d'un pH élevé | Sécurité | | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| | - Pression de la pompe de réducteurs élevée | Protection | - Actionnement de la soupape de sûreté | - Voir s'il y a obstruction des conduits |

**TABLEAU B -2 (suite)**

**MESURES/ARRÊTS D'URGENCE IMPRÉVUS — TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème | Système d'Enclenchement | Mécanisme Automatique | Intervention du Préposé |
|---|---|---|---|---|
| Transfert des déchets dans le bassin de neutralisation | - Pression de décharge élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| Correction du pH des déchets | - Pression de la pompe d'acides élevée | Potection | - Actionnement de la soupape de sûreté | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| | - Arrêt de l'agitateur | Alarme | | - Réparer/remettre en marche l'agitateur |
| Dispositif de refroidissement/ réchauffement | Pression différentielle élevée dans l'échangeur | Alarme | | - Voir si l'échangeur est bloqué |
| **Neutralisation/Précipitation** | | | | |
| Transfert des déchets au bassin de neutralisation | - Niveau du réacteur élevé | Sécurité | - Arrêt de la pompe de transfert | |
| Neutralisation des déchets | - Température du réacteur élevée | Protection | - Arrêt de la pompe d'acides | - Refroidissement externe de la cuvée |
| | - Arrêt de l'agitateur | Alarme | | - Réparer/actionner l'agitateur |
| | - Pression du réacteur élevée | Protection | - Arrêt de la pompe d'acides | - Déverser la cuvée dans le réservoir de recette (facultatif) |
| | - Maintien d'un pH bas ou élevé | Sécurité | | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| | - Pression de la pompe d'acides/d'alcalis élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| Transfert des déchets au bassin de décantation | - Pression de décharge élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction des conduits |
| Dispositif de refroidissement/réchauffement | - Pression différentielle élevée dans l'échangeur | Alarme | | - Voir si l'échangeur est bloqué |
| **Séparation par Gravité** | | | | |
| Transfert des déchets du bassin de neutralisation | - Niveau du bassin de décantation élevé | Sécurité | - Arrêt de la pompe de transfert | |
| | - Pression de la pompe d'agents de précipitation élevée | Protection | - Actionnement de la soupape de sûreté | - Voir s'il y a obstruction des conduits |

**TABLEAU B -2 (suite)**

**MESURES/ARRÊTS D'URGENCE IMPRÉVUS — TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème | Système d'Enclenchement | Mécanisme Automatique | Intervention du Préposé |
|---|---|---|---|---|
| **Filtration sous Pression** | | | | |
| Cycle de filtration normal | - Pression du filtre élevée (anormale) | Alarme | - Arrêt de la pompe à boues | - Nettoyer le filtre |
| | - Pression de la pompe d'adjuvants élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction |
| | - Pression de la pompe d'addition élevée | Protection | - Alarme | - Voir s'il y a obstruction |
| **Solidification/Stabilisation** | | | | |
| Cycle de mélange normal | - Surcharge du moteur du malaxeur | Protection | - Arrêt du moteur du malaxeur | - Voir s'il y a surcharge |
| | - Surcharge du convoyeur de décharge | Protection | - Arrêt du moteur du convoyeur | - Voir s'il y a surcharge |
| **Épuration des Gaz** | | | | |
| Fonctionnement normal | - Arrêt du système d'épuration | Sécurité | - Alarme | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| | - Libération de gaz toxiques | Sécurité | - Arrêt du système de ventilation | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| **Systèmes Auxiliaires** | | | | |
| | - Panne de courant électrique | Protection et sécurité | - Fermeture de l'usine<br>- Mise en marche de la génératrice d'urgence | - Bloquer les systèmes en prévision d'une reprise des activités |
| | - Détecteur d'incendies | Urgence | - Fermeture de l'usine<br>- Déclenchement du système d'extinction des incendies<br>- Arrêt des ventilateurs | - Éteindre les petits incendies<br>- Évacuer l'immeuble dans le cas d'incendies majeurs |
| | - Détection de gaz toxiques dans le bâtiment | Urgence | - Fermeture de l'usine | - Évacuer le bâtiment |
| | - Faible pression de l'air d'alimentation | Urgence | - Fermeture de l'usine | |
| | - Urgence non définie | Urgence | | - Fermeture de l'usine |

**TABLEAU B -2 (suite)**

**MESURES/ARRÊTS D'URGENCE IMPRÉVUS — TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE**

| Activité | Problème | Système d'Enclenchement | Mécanisme Automatique | Intervention du Préposé |
|---|---|---|---|---|
| | - Panne du système de réchauffement | Alarme | | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| | - Panne du système d'eau de refroidissement | Alarme | | - Vérifier le bon fonctionnement des appareils |
| **Génénralities — Ensemble des Opérations** | | | | |
| Exploitation normale | - Fuite de produits toxiques | Sécurité | | - Arrêter les pompes, bloquer les systèmes qui coulent, vider les cuves dans les systèmes de drainage, selon le cas |

Nota: en général tous les problèmes de fonctionnement déclenchent d'abord une alarme.

### B.4.2 Traitement biologique

En général, le procédé aux boues activées est moins complexe que les procédés de traitement physico-chimique et il est moins sujet aux interventions ou aux arrêts d'urgence.

Dans le cas du procédé aux boues activées, les interventions ou arrêts d'urgence sont principalement causés par les surcharges touchant l'un des aspects suivants :

- pH
- métaux lourds ou cyanures
- D.B.O.
- composés organiques réfractaires

Dans chaque cas, une charge excessive inhibe le métabolisme microbien; il s'ensuit une mauvaise réduction de la D.B.O. ou le passage d'une quantité excessive de matières en suspension (micro-organismes non déposés) dans l'effluent. Pour corriger cette situation, il s'agit de couper l'alimentation en eaux usées provenant du réservoir d'équilibre et de faire recirculer toute eau de mauvaise qualité contenue dans les réservoirs de retenue de l'effluent vers le réservoir d'équilibre ou le réservoir de retenue de l'influent. Il faut également corriger la cause de la surcharge en réglant le pH ou le mélange dans le réservoir d'équilibre ou, si le réservoir d'équilibre renferme des métaux lourds ou des cyanures en fortes concentrations, il peut alors s'avérer nécessaire de séparer ces eaux et de leur faire subir un traitement physico-chimique préalable.

Le foisonnement des boues, qui provoque la rétention d'une quantité excessive de boues dans le clarificateur et le passage de matières en suspension, est un autre phénomène qui requiert une intervention d'urgence et la recirculation de l'effluent vers le réservoir d'équilibre ou le réservoir de retenue de l'influent.

## B.5 Mesures générales de sécurité

La phase initiale de tout programme de sécurité général consiste à définir les risques en cause. Voici quelques mesures de sécurité générales visant à réduire les risques pour la santé et l'environnement dans un centre de traitement physico-chimico-biologique :

- Placer les boutons d'alarme aux endroits stratégiques du centre de traitement. Ces boutons doivent déclencher un signal sonore sur les lieux de l'incident et actionner un signal lumineux sur le tableau de contrôle qui identifie le lieu de l'incident, de manière à permettre une intervention immédiate.
- Aménager une clôture de sécurité efficace tout autour du site. L'embauche d'agents de sécurité est justifiée si l'on prévoit des problèmes de vandalisme ou d'entrée par effraction.
- Établir des communications radiophoniques ou téléphoniques entre les lieux éloignés du site ou de l'usine. Les employés travaillant dans les sites éloignés doivent communiquer avec le poste de commande ou le poste central par le biais de liaisons phoniques.

## B.6 Protection et formation du personnel

Vous trouverez ci-après une liste des différentes classes de substances toxiques, regroupées selon leur activité métabolique ou physiologique aiguë.

*Irritants* : Substances corrosives ou vésicantes (cause la formation d'ampoules) qui attaquent les yeux, les muqueuses et les voies respiratoires.

*Asphyxiants* : Substances (habituellement des gaz) qui empêchent le transport de l'oxygène par le sang ou qui nuisent à ce processus. Il existe deux principaux types d'asphyxiants, à savoir les asphyxiants simples comme le dioxyde de carbone et l'azote et les asphyxiants chimiques qui réagissent de façon irréversible avec l'hémoglobine et inhibent sa fonction respiratoire d'oxydoréduction.

*Anesthésiques et narcotiques* : Substances qui ont un effet dépresseur sur le système nerveux central.

*Poisons systématiques* : Substances comme les métaux lourds et l'arsenic qui causent habituellement des lésions tissulaires à un organe précis.

*Particules respirables* : Substance qui nuit à l'efficacité des poumons, comme les poussières ou les aérosols.

Voici quelques mesures qui peuvent être mises en oeuvre pour assurer la sécurité et la protection des employés du centre de traitement :

a) Fournir aux employés un équipement de protection incluant des gants, des bottes et des combinaisons de caoutchouc, de néoprène ou de plastique. Garder sous la main des lunettes à coques, des écrans faciaux, des appareils de respiration et des trousses de premiers soins.

b) Installer des douches oculaires automatiques et des douches aux endroits appropriés, dans l'ensemble du centre.

c) Aménager deux vestiaires avec casiers distincts, l'un pour recevoir les vêtements "sales," l'autre pour les vêtements "propres', et une salle de lavage ou de douches entre les deux. De cette façon, les vêtements contaminés portés par les employés restent dans une même pièce, ce qui permet de réduire les risques de contamination à l'extérieur du site.

d) Offrir des programmes de formation aux employés, qui traitent notamment :
   - des propriétés des déchets et des produits dangereux;
   - de la compatibilité et des propriétés chimiques des déchets et des produits dangereux;
   - de la sécurité;
   - de l'intervention en cas d'incendies et de déversements;
   - des premiers soins.

e) Faire subir aux employés un examen médical complet préalable à l'embauche, puis des examens de suivi à tous les six à douze mois.

## B.7 Protocole d'entretien

### B.7.1 Généralités

La présente section décrit de façon générale les différents aspects d'un programme d'entretien normal applicable à un centre de traitement physico-chimico-biologique typique. Ces aspects, qui touchent les appareils, les canalisations et les instruments, peuvent être regroupés comme suit :

- Règles de sécurité (applicables à toutes les catégories)
- Dispositifs de sécurité
- Entretien de l'équipement (principales catégories d'équipement)
- À court terme (chaque jour, chaque semaine ou sur demande)
- Long terme (deux fois par année ou moins souvent)

a) Règles de sécurité
   - Au nombre des précautions à prendre durant les travaux d'entretien ou autres travaux (découpage et soudure) majeurs, mentionnons les suivantes :
     - étapes préparatoires : dépressurisation, drainage, lavage à grande eau, étuvage ou nettoyage à l'air des réservoirs/cuves (de produits chimiques toxiques/corrosifs).
     - équipement de protection individuelle : porter des lunettes à coques, un masque facial, des gants de caoutchouc, un tablier et une cagoule (ou appareil de respiration autonome), suivant les besoins.
     - travaux dangereux : blocage des mécanismes de commutation électrique et des boutons-poussoirs/soupapes des moteurs électriques, blocage des canalisations, respect des normes concernant les lieux fermés (épuration continue de l'air, marges de sécurité, présence d'un employé à l'extérieur, échafaudage, analyse semi-continue des gaz)

   - Équipement de protection individuelle
     - réétalonner les détecteurs automatiques/portatifs de gaz nocifs ou combustibles.
     - vérifier régulièrement le bon fonctionnement de l'équipement de protection individuelle, des tuyaux d'incendie, des extincteurs automatiques à eau.

b) Dispositifs de sécurité et installations accessoires
   - Court terme
     - Inspecter les ventilateurs de l'immeuble.

   - Long terme
     - Faire l'essai en atelier des soupapes de sûreté pour s'assurer que leur pression de dégagement est bonne et vérifier leur étanchéité; remettre en place et modifier.
     - Examiner les disques d'éclatement (en amont des soupapes de sûreté) pour déceler tout signe de fissuration ou corrosion sous tension; remplacer au besoin.

- Vérifier les systèmes d'arrêt d'urgence, les dispositifs d'enclenchement électriques, les dispositifs d'alarme et les systèmes de vidange des instruments.
- Peser et recharger les extincteurs à $CO_2$.

c) Réservoirs et cuves, canalisations non réglementés
- Court terme
  - S'assurer que les conduits de ventilation (et les limiteurs d'ouverture) du système d'épuration des gaz sont libres de toute obstruction.
  - Vérifier l'étanchéité des raccords à brides et des soupapes garnies; remplacer et serrer au besoin les joints d'étanchéité, la garniture et les sièges de soupape.
  - S'assurer que les soupapes de retenue fonctionnent bien et qu'elles sont bien scellées; remplacer ou modifier au besoin.
- Long terme
  - Vérifier au hasard l'épaisseur du métal (par un procédé aux ultra-sons ou autre méthode non destructive appropriée) pour voir s'il y a des signes de corrosion; refaire le revêtement au besoin.
  - Procéder à un essai aux étincelles des canalisations tapissées de plastique pour vérifier l'intégrité du revêtement; faire les réparations localisées requises.
  - Vérifier le revêtement intérieur/extérieur pour déceler tout signe de corrosion.

d) Pompes centrifuges/à boues/rotatives, agitateurs, aérateurs, ventilateurs
- Court terme
  - Serrer, regarnir et lubrifier les presses-étoupes qui coulent.
  - Vérifier les soupapes de sûreté sur les pompes rotatives.
  - Lubrifier les coussinets.
  - Vérifier le niveau de lubrifiant de la boîte d'engrenages de l'aérateur et en ajouter au besoin.
- Long terme
  - Vérifier les joints mécaniques pour déceler tout signe d'usure et de corrosion; vérifier et réparer les systèmes de lavage/de neutralisation avec joints doubles.
  - Vérifier les anneaux d'usure et les turbines des pompes pour voir s'il y a des signes d'usure et de corrosion; remplacer au besoin.
  - Vérifier la rectitude des arbres de l'agitateur, la sécurité du montage de la turbine et le degré de corrosion de la turbine.
  - Inspecter l'engrenage démultiplicateur de l'aérateur.

e) Pompes à mouvement alternatif, pompes doseuses
- Court terme
  - Serrer, regarnir et lubrifier les bagues de presse-étoupe qui coulent.
  - Lubrifier.

- Long terme
  - Vérifier l'étanchéité des soupapes de retenue et des détendeurs et régler la pression; réparer et régler de nouveau.

f) Échangeur de chaleur
- Court terme
  - Rincer à contre courant pour éliminer les sédiments accumulés.
- Long terme
  - Nettoyer les échangeurs bien encrassés par un lavage à l'acide (sur place) ou par pulvérisation d'eau à haute pression (appareil démonté).

g) Filtre-presse
- Court terme
  - Après chaque cycle, examiner le tissu du filtre pour déceler la présence de trous; remplacer le tissu au besoin.
- Long terme
  - Modifier au besoin les joints d'étanchéité intercalés pour réduire les fuites au minimum.

h) Équipement servant à la manipulation des matières solides
Skip, convoyeur à bande
- Court terme
  - Vérifier le centrage des rouleaux/chaînes de guidage, des poulies-guides et des dispositifs de tension et régler au besoin.
  - Vérifier le degré d'usure de la courroie du convoyeur et réparer au besoin.
  - Vérifier les chaînes et le système d'ancrage du skip; serrer et régler au besoin.
  - Lubrifier et graisser les coussinets et pièces mobiles.
- Long terme
  - Remplacer au besoin les coussinets, les tendeurs et la courroie du convoyeur.
  - Réparer/remplacer au besoin la chaîne et la trémie du skip.

Malaxeur
- Court terme
  - Nettoyer les résidus de boues durcis dans les organes du malaxeur.
  - Vérifier l'intégrité et le degré d'usure des parties flottantes et des pales.
  - Vérifier l'intégrité des joints d'étanchéité.
- Long terme
  - Examiner le degré d'usure et le centrage des portes d'entrée/de vidange, des pales, des engrenages démultiplicateurs, etc. et réparer au besoin.

Balance à bascule pour charge discontinue
- Court terme
  - Vérifier/réétalonner le mécanisme de bascule à fléau.
  - Vérifier l'intégrité des joints des déversoirs /raccords souples; réparer les fuites.
  - Éliminer la poussière accumulée dans les pièces de la balance.

- Long terme
  - Vérifier le fonctionnement/la fidélité des composantes du régulateur de cycles, remplacer les composantes de la balance sujettes à l'usure.

Cuves journalières
- Court terme
  - S'assurer que les dispositifs de filtration des gaz d'échappement montés sur le dessus des cuves sont propres et qu'ils fonctionnent bien.
  - S'assurer que les inducteurs de débit (aérateurs, vibrateurs) fonctionnent; remplacer ou réparer au besoin.
- Long terme
  - Vérifier l'usure et l'étanchéité des alimenteurs à vis et des déversoirs et réparer au besoin.

i) Dispositif d'épuration des gaz
- Court terme
  - Drainer périodiquement les liquides contaminés contenus dans les puisards des bains acides et alcalins vers les réservoirs de recette pour traitement; remplir les puisards avec du liquide de lavage frais.
  - S'assurer que l'appareillage (pompes, système de pulvérisation, puisards, etc.) des bains acide et alcalin fonctionne bien.
- Long terme
  - Remplacer la totalité du lit d'adsorbant.
  - Vérifier le bon fonctionnement des pulvérisateurs des bains acide et alcalin.
  - Inspecter tous les engrenages du système d'épuration des gaz, pour voir s'il y a des signes de corrosion; remplacer au besoin.

j) Instruments/systèmes électriques
- Court terme
  - Nettoyer les tubes indicateurs.
  - Enlever les dépôts incrustés dans le pH mètre (causés par la dureté de l'eau, les précipités).
  - Faire fonctionner les soupapes sujettes à l'accumulation de produits d'entartrage ou de corrosion, pour empêcher leur blocage.
  - Nettoyer les robinets des instruments, sondes, jauges, sujets au blocage (p. ex. manomètre/détecteurs de pression, tubes indicateurs, débitmètre à diaphragme, cuve à flotteur de l'indicateur de niveau).
  - Nettoyer les conduits des rotamètres.
  - Vérifier l'étalonnage des instruments d'analyse (p. ex. remise à zéro des générateurs de pression et de débit, détecteurs de niveau par rapport aux manomètres, thermomètres, etc.)
- Long terme
  - Réétalonner les débitmètres à diaphragme et les indicateurs de débit des gaz et des liquides.
  - Regarnir les soupapes de contrôle et s'assurer que la garniture est adéquate.

- S'assurer que les soupapes de contrôle, les régulateurs, etc. sont dotés d'un dispositif de sûreté intégrée, en cas de panne de courant ou d'arrêt de l'air d'alimentation.
- Vérifier l'intégrité des systèmes de mise à la terre et de raccord électrique du centre de traitement.

## B.8 Contrôle des fumées toxiques

Le contrôle des fumées toxiques ne s'applique qu'aux installations de traitement physico-chimico-biologique. Le procédé aux boues activées ne produit en effet aucune fumée toxique et les principales composantes (bassin d'aération et clarificateur) de ce système sont habituellement situées à l'extérieur. Voici les principales caractéristiques du système de contrôle pour les installations de traitement physico-chimico-biologique :

- Le bâtiment est doté d'un système de ventilation pour maintenir les concentrations de vapeurs toxiques en-deçà de la valeur limite d'exposition (TLV); la ventilation est réglée de manière à assurer au moins 10 renouvellements d'air à l'heure. Il s'agit d'un système de ventilation à passage unique (sans recirculation).
- Tous les réservoirs et cuves de traitement (y compris les réservoirs de recette) doivent être constamment ventilés, l'air étant dirigé vers le dispositif d'épuration des gaz, lequel est muni de limiteurs d'ouverture aux points d'entrée, de manière à répartir également la résistance à l'écoulement entre tous les conduits de ventilation (en particulier les conduits pour l'évacuation des buées) et à maintenir une pression légèrement négative à l'intérieur du système de ventilation. De cette façon, le dispositif d'épuration des gaz peut fonctionner de façon ininterrompue, indépendamment des divers réservoirs/cuves, hottes, etc., et aucune fumée nocive ne s'échappe du système.
- Des hottes pour l'évacuation des buées doivent être installées dans toutes les pièces où se fait le chargement/déchargement manuel de poussières/vapeurs toxiques (p. ex. filtre-presse, sites de décharge des réactifs solides toxiques). Les hottes doivent être raccordées au système d'épuration des gaz évacués.

Le système d'épuration des gaz se compose des éléments suivants :

- Épurateur en milieu acide — système composé d'un réacteur d'épuration avec puisard inférieur intégré pour contenir la solution de lavage acide, une pompe centrifuge et les dispositifs de commande connexes.
  Le réservoir de l'épurateur est conçu de manière à assurer l'écoulement ascendant des gaz contaminés par les déchets et la pulvérisation vers le bas de la solution acide depuis l'extrémité supérieure de la tour. La pulvérisation initiale de la solution acide, suivie du lavage à contre-courant à l'intérieur du lit garni, permet d'éliminer les contaminants atmosphériques par absorption et réaction avec l'acide.
  Les liquides et les précipités qui s'accumulent dans le puisard sont drainés périodiquement vers le réacteur approprié. La préparation de la solution acide se fait par dilution des composés acides dans la quantité requise d'eau.
  Épurateur en milieu alcalin — système dont le fonctionnement et les composantes sont similaires à ceux de l'épurateur précédent. La préparation de la solution alcaline à partir du système d'alimentation en alcalis se fait par dilution dans la quantité d'eau appropriée.

- Épurateur sur charbon actif — système d'adsorption sur charbon actif se composant d'adsorbeurs parallèles multiples (un seul fonctionnant à la fois). Ce système est utilisé comme dispositif de polissage, après l'utilisation des épurateurs précédents. Comme la quantité de charbon requise est faible, il n'est pas rentable de récupérer ce produit; le charbon est donc remplacé après une certaine période d'utilisation. Le charbon qui a servi est mis en fûts et expédié vers un incinérateur pour élimination finale.
- Ventilateur et mécanisme d'entraînement communs des gaz évacués — génère la force motrice nécessaire pour aspirer les déchets gazeux de tous les réservoirs et cuves de traitement, filtre-presse, hottes, etc. successivement à travers l'épurateur en milieu acide, l'épurateur en milieu alcalin et l'épurateur sur charbon actif. L'effluent gazeux propre est ensuite libéré dans l'atmosphère.C

## ANNEXE C

## BIBLIOGRAPHIE


American Institute of Chemical Engineers, "Guidelines for Hazard Evaluation Procedures," 1985.

American Petroleum Institute, "Manual on the Disposal of Refinery Waste." 1969.

Chemical Manufactures Association, "Process Safety Management," 1985.

Cheremisinoff, P.N. et R.A. Young, "Pollution Engineering Practice Handbook."

Dawson, Gaynor, W. et Basil W. Mercer. 1986. Hazardous Waste Management. John Wiley and Sons, New York.

Eckenfelder, W. Wesley, Jr., "Water Quality Engineering for Practicing Engineers"
- Barnes and Noble, Inc., 1970
- Ann Arbour Science Publishers, Inc.

Eckenfelder, W.W. Jr., J. Patoczka et A.T. Watkins, Chemical Engineering, septembre 1985.

Environnement Canada, "Guide pour les déversements de produits dangereux," 1985.

Environnement Canada, "Guidelines for the Landfilling of Hazardous Wastes"
- Reid Crowther and Partners Ltd., juin 1987

Fawcett, H.H. et W.S. Wood, "Safety and Accident Prevention in Chemical Operations"
- Wiley — Interscience, 1982

Ganczarczyk, J.J., S.R. Bilevicius et G. Tang. 1988. "Development of Polysulfide Technology for Treatment of Concentrated Spent Cyanide Liquors." Rapport préparé à l'intention des Directions de la gestion des déchets et des politiques et de la planification du ministère de l'Environnement de l'Ontario. Février 1988.

B.C. Ministry of Environment and Parks, "Special Waste Regulation," mars 1988.

Grosse, Douglas W. 1986. "A Review of Alternative Treatment Processes for Metal Bearing Hazardous Waste Streams," Journal of Air Pollution Control Association, mai 1986, pp. 603-616.

Institute of Chemical Engineers, "A Sample Safety Check List for Use During Plant Design"
- Symposium Series no 45

Lin, Y.H. et J.R. Lawson, "Treatment of Oily and Metal — Containing Waste Water," Pollution Engineering, novembre 1973

Liptak, B.G., Editor, "Environmental Engineer's Handbook, volume I, Water Pollution."

Mackie, J.A. et K. Nielsen, "Hazardous Waste Management : The Alternatives"
- Chemical Engineering, 6 août 1984

Martin, E.J. et J.H. Johnson, "Hazardous Waste Management Engineering," Van Nostrand and Reinhold Company, 1987

Metcalf and Eddy Inc. 1985. "Briefing : Technologies Applicable to Hazardous Waste," Rapport préparé pour la U.S. EPA. Mai 1985.

Monenco Ltd., "OWMC Treatment Facility Process Area Report, Physical/Chemical Treatment," 1986.

National Lime Association. "Chemical Treatment of Sewage and Industrial Wastes." Washington, D.C.

Patterson, J.W. et P.S. Kodukala, "Biodegradation of Hazardous Organic Pollutants'
- Chemical Engineering Progress, avril 1981

Peters, Robert W. et Young Ku. 1985. "Batch Precipitation Studies for Heavy Metal Removal by Sulfide Precipitation," AIChE Symposium Series no. 243, vol. 81, 1985. pp 9-27.

Peters, R.W. et J. Ferg, "Treatment Techniques for Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Waters with Emphasis on the Sludge Stability," 3rd International Symposium on Operating European Hazardous Waste Management Facilities, Odense, Danemark, septembre 1986.

Pojasek, Robert B. 1979. "Solid Waste Disposal : Solidification," Chemical Engineering, 13 août 1979, pp. 141-145.

Shuckrow, A.J., A.P. Pajak et J.W. Osheka, "Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment," U.S. EPA Contract no. 68-03-2766, 1981.

Sitting, Marshall, "Electro-Plating and Related Metal Finishing -Pollutant and Toxic Materials Control"
- Noyes Data Corporation, 1978

U.S. EPA, "Fate of Priority Pollutants in POTWS," EPA 440/1-82-303, 1982

U.S. EPA, "Hazardous Waste Treatment Technology," EPA/600/D-86/006, 1986.

U.S. EPA, "Treatment Technologies for Hazardous Wastes Part 4," 1986.

U.S. Environmental Protection Agency, "Physical, Chemical and Biological Treatment Techniques for Industrial Wastes"
- Arthur D. Little, Inc.
- NTIS PB-275 287, novembre 1976
- Chilton Book Co., 1974

Weston, Alan F., "Obtaining Reliable Priority — Pollutant Analyses"
- Chemical Engineering, 30 avril 1984

## PROCÉDÉS DE TRAITEMENT PHYSICO-CHIMICO-BIOLOGIQUE

**(Source : Shuckrow et al)**

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Antimoine* | | |
| Adsorption sur charbon actif granulaire | 0-33 | 1,3-590 |
| ozone | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 40-99 | ND-180 |
| polymère non spécifié | 28 | 18 |
| carbonate de sodium | 84 | 15-57 |
| Coagulation et floculation | 51 | 10-120 |
| Filtration | 0-92 | SLD-700 |
| Flottation | 4-95[a] | ND-2 300 |
| Osmose inverse | 10-60 | 1-200 |
| Sédimentation | 0-86 | 2-1 000 |
| Boues activées | 33-90 | SLD-670 |
| Étangs (aérés) | 82-99 | ND-30 |
| *Arsenic* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 0-99 | 1-42 |
| Oxydation chimique (ozone) | 0-48 | SLD-43 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 20-99 | ND-110 |
| alun | 0 | 62-62 |
| chlorure de baryum | 33 | 2 |
| FeCl(3) | 75 | 1 |
| carbonate de sodium | 96 | 10-68 |
| précipitants combinés | 25-99 | ND-3 |
| Précipitation chimique avec filtration | 33 | 4,0 |
| Coagulation et floculation | 40-92 | SLD-62 |
| Filtration | 0-99 | SLD-100 |
| Flottation | 8-99 | ND-18 |
| Osmose inverse | 57-99 | 1-49 |
| Sédimentation | 0-99 | SLD-230 |
| Boues activées | 20-98 | SLD-160 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND-20 |
| *Amiante (Total)* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 95 | 6,1E6-2,3E9[a] |
| chlorure de baryum | 75 | 5,7E8[a] |
| filtration | 90 | 4,7E8[a] |
| sédimentation | 75-99 | 1,9E7-3,3E10[a] |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Amiante, chrysotile* | | |
| Sédimentation | 95-99 | 3,3E5-1,5E4[a] |
| *Béryllium* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| polymère/non spécifié | 33 | 4 |
| carbonate de sodium | 75 | 1-11 |
| précipitants combinés | 80-99 | ND-10 |
| Précipitation chimique avec filtration | 0 | 1,0 |
| Filtration | 0-7 | 0,02-10 |
| Osmose inverse | 85 | 0,5-5 |
| Sédimentation | 0-98 | SLD-SLD |
| Boues activées | | 1 |
| Étangs (aérés) | 50 | |
| *Cadmium* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 76-95 | 1,5-40 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 0-99 | ND-80 |
| alun | 38-88 | 12-47 |
| polymère/non spécifié | 0-99 | 5-100 |
| carbonate de sodium | 67-99 | 1-5 |
| hydroxyde de sodium | 22-99 | ND-930 |
| précipitants combinés | 11-99 | ND-80 |
| Précipitation chimique avec filtration | 0-99 | ND-19 |
| Coagulation et floculation | 99 | SLD-10 |
| Filtration | 0-99 | ND-97 |
| Flottation | 0-99[b] | SLD-72 |
| Déshuilage | 98 | SLD-200 |
| Osmose inverse | 0-60 | 0,5-48 |
| Sédimentation | 0-99 | SLD-200 |
| Ultra-filtration | 67-93 | SLD-200 |
| Boues activées | 0-99 | SLD-13 |
| Étangs (aérés) | 97 | 2 |
| *Chrome* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 10-95 | 4-260 |
| pulvérulent | 3-97 | 24-110 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'éliminationdans* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| Précipitation chimique avec sédimentation | 47-99 | ND-18 000 |
| chaux | 13-93 | 31-170 000 |
| alun | 50 | 25 |
| chlorure de baryum | 74-99 | 5-790 000 |
| polymère/non spécifié | 99 | 27-430 |
| carbonate de sodium | 53-99 | 18-3 000 |
| hydroxyde de sodium | 33-99 | ND-2 500 |
| précipitants combinés | | |
| Précipitation chimique avec filtration | 50-99 | 5,0-2 200 |
| Réduction chimique | 18-99 | 90-130 000 |
| Coagulation et floculation | 72-99 | 17-1 300 |
| Filtration | 0-99 | 4-320 |
| Flottation | 20-99 | 2-620 |
| Neutralisation | 99 | 40 |
| Déshuilage | 82-98 | 9-240 |
| Osmose inverse | 3-95 | 1-900 |
| Sédimentation | 0-99 | SLD-30 000 |
| Ultra-filtration | 67 | 68-2 900 |
| Boues activées | 5-98 | SLD-20 000 |
| Étangs | 0-99 | 9-1 100 |
| aérés | 99 | ND |
| non aérés | | |
| Disques biologiques rotatifs | | |
| *Cuivre* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 13-85 | 4-360 |
| pulvérulent | 61-96 | 5,5-29 |
| Oxydation chimique | | |
| chlorure | 14 | 320 |
| ozone | 12 | 88-590 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 29-100 | ND-220 |
| alun | 30-99 | ND-270 000 |
| chlorure de baryum | 50 | 20 |
| polymère/non spécifié | 0-99 | 4-2 200 000 |
| carbonate de sodium | 83 | 48-1 300 |
| hydroxyde de sodium | 36-98 | 1-5 900 |
| précipitants combinés | 43-99 | 4-400 |
| Précipitation chimique avec filtration | 14-99 | 16-1 700 |
| Réduction chimique | 21-89 | SLD-15 |
| Coagulation et floculation | 35-99 | 10-80 |
| Filtration | 0-99 | 4-4 500 |
| Flottation | 9-98 | 5-960 |
| Neutralisation | 98 | 30 |
| Déshuilage | 93-99 | SLD-450 |
| Osmose inverse | 29-93 | 9-28 000 |
| Sédimentation | 0-99 | ND-660 |
| Ultra-filtration | 44-90 | SLD-1 100 |
| Boues activées | 2-99 | SLD-170 |
| Étangs (aérés) | 26-94 | 7-110 |
| *Cyanures* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 1-90 | 2-52 |
| pulvérulent | 50-69 | 20-45 |
| Oxydation chimique | | |
| chlorure | 86-99 | 2-130 |
| ozone | 33-98 | 2-95 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 67-99 | ND-5 500 |
| alun | 60 | 2-120 |
| polymère/non spécifié | 0-99 | SLD-5 200 |
| Précipitation chimique avec filtration | | |
| Coagulation et floculation | 60 | SLD-5 |
| Filtration | 0-99 | 3-260 |
| Flottation | 0-62 | 10-2 300 |
| Déshuilage | 13 | SLD-13 |
| Osmose inverse | 23-91 | 1-2 200 |
| Sédimentation | 20-90 | SLD-4 500 |
| Distillation (air) | 60 | 51 000 |
| Boues activées | 0-99 | ND-38 000 |
| Étangs (aérés) | 91-99 | ND-150 |
| Lits bactériens | 79 | 16 |
| *Plomb* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 2-72 | 18-79 |
| Oxydation chimique (ozone) | 29 | 22-900 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 0-99 | ND-580 |
| alun | 0-96 | 28-140 000 |
| polymère/non spécifié | 26-99 | SLD-1 000 |
| carbonate de sodium | 94-99 | 15-1 900 |
| hydroxyde de sodium | 99 | ND |
| précipitants combinés | 0-99 | ND-230 |
| Précipitation chimique avec filtration | 81-99 | ND-68 |
| Réduction chimique | 25-67 | 62-120 000 |
| Coagulation et floculation | 0-99 | SLD-100 |
| Filtration | 3-99 | SLD-2 100 |
| Flottation | 9-99 | ND-1 000 |
| Déshuilage | 97-99 | SLD-600 |
| Osmose inverse | 0-96 | 1-520 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| Sédimentation | 0-99 | ND-6 800 |
| Ultra-filtration | 44-95 | SLD-1 000 |
| Boues activées | 10-99 | ND-120 |
| Étangs | | |
| aérés | 80-99 | ND-80 |
| non aérés | 99 | ND |
| *Mercure* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 69-96 | 0,1-13 |
| alun | 6-93 | 1,7-4 000 |
| chlorure de baryum | 87 | 0,5 |
| polymère/non spécifié | 0-7 | 1-26 |
| précipitants combinés | 0-97 | 0,2-980 |
| Précipitation chimique avec filtration | 67 | 0,1 |
| Coagulation et floculation | 10 | 0,3-1 |
| Filtration | 0-89 | 0,1-2 900 |
| Flottation | 33-88 | SLD-2 |
| Déshuilage | 80 | SLD-2 |
| Osmose inverse | 60 | 0,1-1 |
| Sédimentation | 0-97 | SLD-84 |
| Ultra-filtration | 0-33 | 0,4-2 |
| Boues activées | 33-94 | ND-0,9 |
| Étangs (aérés) | 99 | 0,1-1,6 |
| *Nickel* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 10-68 | SLD-700 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 6-99 | ND-5 200 |
| alun | 0-98 | 1,0-51 000 |
| polymère/non spécifié | 8-99 | 5-6 400 |
| carbonate de sodium | 96 | 18-640 |
| hydroxyde de sodium | 99 | ND-210 |
| précipitants combinés | 0-99 | ND-10 000 |
| Précipitation chimique avec filtration | 47-99 | ND-1 700 |
| Coagulation et floculation | 82-99 | SLD-2 500 |
| Filtration | 0-99 | SLD-700 |
| Flottation | 29-99 | ND-270 |
| Neutralisation | 99 | 20 |
| Déshuilage | 96 | SLD-500 |
| Osmose inverse | 9-89 | 1-210 |
| Sédimentation | 0-99 | SLD-2 000 |
| Ultra-filtration | 32 | 10-500 |
| Boues activées | 0-99 | ND-400 |
| Étangs (aérés) | 0-50 | 5-40 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Sélénium* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 0-50 | 1-50 |
| Oxydation chimique (ozone) | 99 | ND-1 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 0-99 | ND-87 |
| carbonate de sodium | 96 | 4-280 |
| précipitants combinés | 0-13 | 2-7 |
| Filtration | 0-10 | SLD-100 |
| Osmose inverse | 67-85 | 1-6,1 |
| Sédimentation | 0-98 | 2-32 |
| Étangs | | |
| aérés | 50-99 | ND-200 |
| non aérés | 44 | 18 |
| *Argent* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 12-36 | 1,7-100 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 20-99 | ND-90 |
| alun | 21 | 7-170 |
| polymère/non spécifié | 0-67 | 12-35 |
| carbonate de sodium | 97 | 2-22 |
| hydroxyde de sodium | 6 | 11-64 |
| précipitants combinés | 9-43 | 0,4-10 |
| Précipitation chimique avec filtration | 40-78 | 4,5-34 |
| Coagulation et floculation | 10 | 1-72 |
| Filtration | 0-91 | SLD-100 |
| Flottation | 45 | SLD-66 |
| Osmose inverse | 0-92 | 0,2-78 |
| Sédimentation | 0-96 | 1-100 |
| Boues activées | 3-99 | SLD-95 |
| *Thallium* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 58-75 | 1-20 |
| carbonate de sodium | 99 | 41 |
| Précipitation chimique avec filtration | 0 | 50 |
| Réduction chimique | 94 | 1 |
| Osmose inverse | 50-99 | 1-4 |
| Sédimentation | 0-83 | 2-100 |
| Boues activées | | SLD-SLD |
| Étangs (aérés) | 7-80 | 13-58 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Zinc* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 5-99 | 1-6 000 |
| pulvérulent | 26-98 | 45-140 |
| Oxydation chimique (ozone) | 96 | 90-46 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 25-99 | 2-26 000 |
| alun | 11-88 | 110-350 000 |
| chlorure de baryum | 50 | 3 |
| polymère/non spécifié | 10-99 | ND-1 800 000 |
| carbonate de sodium | 84-99 | 330-11 000 |
| hydroxyde de sodium | 80-99 | 44-560 |
| précipitants combinés | 14-99 | 2-17 000 |
| Précipitation chimique avec filtration | 82-99 | 10-60 |
| Réduction chimique | 87 | 21-1 500 |
| Coagulation et floculation | 11-98 | SLD-5 700 |
| Filtration | 0-99 | 16-18 000 |
| Flottation | 12-99 | ND-53 000 |
| Neutralisation | 99 | 30 |
| Déshuilage | 88-97 | SLD-680 |
| Osmose inverse | 31-99 | 2-8 600 |
| Sédimentation | 0-99 | SLD-100 000 |
| Ultra-filtration | 75-98 | SLD-420 |
| Boues activées | 0-92 | SLD-38 000 |
| Étangs | | |
| aérés | 34-99 | 49-510 |
| non aérés | 86 | 100-120 |
| *Bis(chlorométhyle)éther* | | |
| Boues activées | 99 | ND |
| *Phtalate de di-méthyle* | | |
| Filtration | 99-99 | ND-SLD |
| Osmose inverse | 18-84 | 1-170 |
| Sédimentation | 98-99 | ND-93 |
| Boues activées | 99-99 | ND-200 |
| *Phtalate de diéthyle* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 36 | SLD-73 |
| hydroxyde de sodium | 63-95 | ND-92 |
| précipitants combinés | 99 | ND-3,0 |
| Précipitation chimique avec filtration | 25-99 | ND-75 |
| Filtration | 50-99 | ND-11 000 |
| Flottation | 99 | ND |
| Déshuilage | 92 | 65 |
| Osmose inverse | 63-99[b] | SLD-1 |
| Sédimentation | 99-99 | ND-44 |
| Ultra-filtration | 95[b] | SLD |
| Boues activées | 20-99 | ND-69 |
| *Di-n-butyl phtalate* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 0-99 | SLD-11 |
| Oxydation chimique (ozone) | 78 | 2,7 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 93[b] | SLD-SLD |
| alun | 93-99 | ND-550 |
| FeCl(3) | 5 | 5,4 |
| précipitants combinés | 97-99 | ND-ND |
| Coagulation et floculation | 0 | SLD-0,6 |
| Filtration | 0-96 | ND-1 300 |
| Flottation | 0-99 | ND-300 |
| Déshuilage | 94 | 49 |
| Osmose inverse | 38-99[b] | SLD-11 |
| Sédimentation | 83 | SLD-36 |
| Ultra-filtration | 86 | 13 |
| Boues activées | 84-99 | ND-7 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| Lits bactériens | 25 | 6 |
| *Di-n-octyl phtalate* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 20 | 4 |
| Coagulation et floculation | 90 | ND |
| Filtration | 50-99 | ND-4 |
| Flottation | 61-99 | ND-33 |
| Boues activées | | 5 000 |
| *Bis(2-éthylhexyl)phtalate* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 26-66 | 4,7-410 |
| pulvérulent | 97 | 10 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 41-99 | ND-40 |
| alun | 0-99 | ND-67 |
| chlorure de baryum | 95 | 2,4 |
| polymère/non spécifié | 50 | SLD |
| hydroxyde de sodium | 73-92 | SLD-52 |
| précipitants combinés | 96 | SLD-10 |
| Précipitation chimique avec filtration | 95 | SLD-84 |
| Coagulation et floculation | 16-91 | SLD-44 |
| Filtration | 21-98 | SLD-16 000 |
| Flottation | 10-98 | 30-1 100 |
| Déshuilage | 91-94 | 44-130 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| Osmose inverse | 25-99[b] | SLD-31 |
| Sédimentation | 0-80 | SLD-170 |
| Ultra-filtration | 99[b] | SLD |
| Boues activées | 15-99 | ND-220 |
| Étangs | | |
| aérés | 26-99 | ND-28 |
| non aérés | 72-99 | ND-11 |
| Lits bactériens | 83 | 6 |
| *Phtalate de butyl-benzyle* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 53-99 | SLD-17 |
| Oxydation chimique (ozone) | 98[b]-98[b] | SLD-SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 99[b] | SLD-SLD |
| Coagulation et floculation | 94 | SLD |
| Filtration | 52-99 | ND-10 |
| Flottation | 97-99 | ND-42 |
| Osmose inverse | 20-98 | SLD-0,8 |
| Sédimentation | 95 | ND-SLD |
| *N-nitrosodiphénylamine* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (polymère/non spécifié) | 99 | ND |
| Filtration | 99 | ND-0,4 |
| Flottation | 66 | 620 |
| Sédimentation | 99 | ND |
| Boues activées | 69-99 | ND-1,6 |
| *N-nitrosodi-n-propylamine* | | |
| Filtration | 99 | ND-SLD |
| *Benzidine* | | |
| Boues activées | 0 | 4 |
| *Phénol* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 0-98 | SLD-49 |
| pulvérulent | 85 | 10 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 69[b] | SLD |
| alun | 0-99 | ND-140 |
| précipitants combinés | 33-96 | 10-47 |
| Coagulation et floculation | 75-91 | SLD-3 |
| Filtration | 22-99 | ND-34 000 |
| Flottation | 0-80 | 9-2 400 |
| Déshuilage | 99 | ND-820 |
| Osmose inverse | 80 | 0,2-0,7 |
| Sédimentation | 33-99 | SLD-670 |
| Extraction par solvant | 3-96 | 2 220-4 600 000 |
| Boues activées | 8-99 | ND-1 400 |
| Étangs (aérés) | ND-24 | 25-99 |
| *Chloro-2 phénol* | | |
| Filtration | 0 | 2-17 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Sédimentation | 99 | SLD |
| Boues activées | 92-99 | ND-100 |
| *Dichloro-2,4 phénol* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (carbonate de sodium) | 99 | ND |
| Filtration | 63-99 | ND-2 |
| Sédimentation | 98 | 10-48 |
| *Trichloro-2,4,6 phénol* | | |
| Filtration | 80 | 69 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Ultra-filtration | 99 | ND |
| Boues activées | 37-99 | ND-4 300 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| *Pentachlorophénol* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 59-99 | SLD-49 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 99 | 100 |
| Filtration | 99 | ND-12 |
| Flottation | 19 | 5-30 |
| Sédimentation | 55 | 12-24 |
| Boues activées | 67-99 | ND-3 100 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND-ND |
| *Nitro-2 phénol* | | |
| Sédimentation | 99 | ND |
| Boues activées | 99-99 | ND-SLD |
| *Nitro-4 phénol* | | |
| Boues activées | 99 | ND |
| Étangs (aérés) | 23 | 10 |
| *Dinitro-2,4 phénol* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (polymère/non spécifié) | 99 | ND |
| Boues activées | 99 | ND |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Diméthyl-2,4 phénol* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 48-88[b] | SLD-11 |
| Flottation | 99 | ND-28 |
| Sédimentation | 99 | ND |
| Boues activées | 99 | ND-8 |
| *Phénol total* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 38-97 | 5-4 300 |
| pulvérulent | 99-99 | 10-60 |
| Oxydation chimique (ozone) | 50-90 | 10-130 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 0-99 | 60-1 600 |
| alun | 8-56 | 28-220 000 |
| FeCl(3) | 33 | 20 |
| hydroxyde de sodium | 90 | 60-70 |
| précipitants combinés | 48-99 | ND-1 300 |
| Précipitation chimique avec filtration | 99 | ND |
| Coagulation et floculation | 0-26 | 20-340 |
| Filtration | 0-60 | 10-64 000 |
| Flottation | 3-94 | 10-23 000 |
| Déshuilage | 0-43 | 20-1 600 |
| Osmose inverse | 5-81 | 12-20 |
| Sédimentation | 0-96 | 5-84 |
| Ultra-filtration | 27 | 16 |
| Boues activées | 11-99 | 7-18 |
| Étangs | | |
| aérés | 33-99 | 3-20 |
| non aérés | 40 | 30-50 |
| Lits bactériens | 97 | 1 000 |
| *p-Chloro-m-crésol* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 17 | SLD-SLD |
| Précipitation chimique avec chaux | 44 | 62 |
| Boues activées | 94-99 | ND-4 |
| *Crésol* | | |
| Extraction par solvants | 74-98 | 800-330 000 |
| *Benzène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 64-90 | SLD-210 |
| Oxydation chimique (ozone) | 80[b] | SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99 | ND-1,0 |
| alun | 99 | ND-310 |
| polymère/non spécifié | 35 | 720 |
| hydroxyde de sodium | 99 | 2,0 |
| précipitants combinés | 50-90 | 46-3 800 |
| Osmose inverse | 30-80 | 0,4-1,4 |
| Sédimentation | 64-99 | ND-2 400 |
| Extraction par solvants | 75-97 | 7 000-35 000 |
| Ultra-filtration | 99[b] | ND |
| Boues activées | 75-99 | ND-64 |
| Étangs (aérés) | 74-95 | 5-10 |
| *Chlorobenzène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 98 | SLD |
| Boues activées | 78-99 | ND-100 |
| *Dichloro-1,2 benzène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 99 | SLD-5,4 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 99 | ND-0,05 |
| Coagulation et floculation | 99 | SLD-13 |
| Flottation | 76 | 18-260 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Boues activées | 69-99 | ND-69 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| *Dichloro-1,3 benzène* | | |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Boues activées | 99 | ND |
| *Dichloro-1,4 benzène* | | |
| Boues activées | 79-99 | ND-21 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| *Trichloro-1,2,4 benzène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 99 | ND-94 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 91 | 150-150 |
| Coagulation et floculation | 91 | 150 |
| Boues activées | 49-99 | ND-920 |
| *Hexachlorobenzène* | | |
| Boues activées | 97-99 | ND-0,8 |
| *Ethylbenzène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 50 | SLD-1,3 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| alun | 70-99 | ND-38 000 |
| Déshuilage | 18 | 330-630 |
| Osmose inverse | 0-64 | 4-6 |
| Sédimentation | 17-99 | SLD-1 100 |
| Distillation (vapeur) | 54-87 | 130 000 |
| Boues activées | 69-99 | 0,9-250 |
| Étangs (aérés) | 91-97 | 5-1 000 |
| *Chloroforme* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 64-99 | ND-18 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99 | ND-SLD |
| alun | 40-99 | ND-550 |
| carbonate de sodium | 33 | 2,0 |
| hydroxyde de sodium | 91 | 5 |
| précipitants combinés | 94 | SLD-4 700 |
| Filtration | 50 | SLD-500 |
| Flottation | 20-99 | ND-24 |
| Osmose inverse | 0-93[b] | SLD-31 |
| Sédimentation | 0-74 | 2 230 |
| Distillation (vapeur) | 49-99 | ND-65 000 |
| Boues activées | 9-99 | ND-58 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND-1 000 |
| *Tétrachlorure de carbone* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| alun | 94 | 65-180 |
| polymère/non spécifié | 99 | ND |
| précipitants combinés | 99 | ND |
| Coagulation et floculation | | |
| Filtration | 89-99 | ND-55 |
| Flottation | 75 | SLD-210 |
| Sédimentation | 99 | ND |
| Boues activées | 98 | SLD-0,1 |
| *Chloro-éthane* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 0-99 | ND-240 000 |
| *Dichloro-1,1 éthane* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 42-99 | ND-45 000 |
| Filtration | 0-99 | ND-180 |
| Sédimentation | 0 | 2 |
| Boues activées | 99-99 | ND-290 |
| polymère/non spécifié | 81 | 130 |
| précipitants combinés | 98-99 | ND-22 |
| Coagulation et floculation | 98 | SLD-1,3 |
| Flottation | 3-99 | ND-970 |
| Déshuilage | 83 | ND-SLD |
| Osmose inverse | 0-33 | 1-1 |
| Sédimentation | 64-99 | ND-2 400 |
| Extraction par solvants | 97 | 4 000 |
| Boues activées | 77-99 | ND-3 000 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| *Nitrobenzène* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| alun | 68-99 | ND-35 |
| précipitants combinés | 99 | 5 |
| Ultra-filtration | 71[b] | SLD |
| *Toluène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 23-99 | SLD-630 |
| Oxydation chimique (ozone) | 31 | 0,9-1,2 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 0-99 | ND-5,0 |
| alun | 0-73 | 3-3 600 |
| polymère/non spécifié | 39 | 1 900 |
| FeCl(3) | 0 | 1,1 |
| précipitants combinés | 84-96 | 73-4 200 |
| Coagulation et floculation | 74 | SLD-14 |
| Flottation | 10-99 | ND-2 100 |
| Déshuilage | 83 | ND-SLD |
| Osmose inverse | 12-15 | 0,7-29 |
| Sédimentation | 17-83 | SLD-1 100 |
| Extraction par solvant | 94-96 | 1 600-2 300 |
| Boues activées | 17-99 | ND-1 400 |
| Étangs (aérés) | 95-99 | ND-SLD |
| *Dinitro-2,6 toluène* | | |
| Boues activées | 99 | ND-200 |
| *Styrène* | | |
| Extraction par solvant | 93 | 1 000 |
| *Xylènes* | | |
| Filtration | 75 | 12 000 |
| Flottation | 95-99 | ND-1 000 |
| Déshuilage | 58 | 10 |
| Extraction par solvant | 97-98 | 1 000-1 000 |
| *Chloro-2 naphthalène* | | |
| Flottation | 0 | 17 |
| Osmose inverse | | 1,4 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Benzo(a)anthracène* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (hydroxyde de sodium) | 64 | SLD |
| Déshuilage | 9 | 10 |
| *Benzo(b)fluoranthène* | | |
| Oxydation chimique (ozone) | 90[b] | SLD |
| Déshuilage | 9 | 10 |
| Osmose inverse | | 2,1-12 |
| Sédimentation | 86-99 | ND-SLD |
| *Benzo(k)fluoranthène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 90 | SLD |
| Sédimentation | 99 | ND |
| *Benzo(a)pyrène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 95 | SLD-0,8 |
| Oxydation chimique (ozone) | 95[b] | SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 91[b] | ND-SLD |
| Déshuilage | 23 | 10 |
| Sédimentation | 83-99 | ND-10 |
| *Idéno(1,2,3-c,d)pyrène* | | |
| Boues activées | 99 | ND |
| *Benzo(ghi)pérylène* | | |
| Sédimentation | 99 | ND |
| *Acénaphtène* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 75[b] | SLD |
| Filtration | 73-99 | ND-10 |
| Déshuilage | 99 | 6 |
| Osmose inverse | 9-99[b] | SLD |
| Sédimentation | 99 | ND-53 |
| Boues activées | 0-99 | ND-2,0 |
| *Acénaphthylène* | | |
| Osmose inverse | | 1-1,6 |
| Sédimentation | 99 | ND-19 |
| *Anthracène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 50-97 | SLD-0,4 |
| Oxydation chimique (ozone) | 98 | SLD-0,4 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99 | ND-SLD |
| polymère/non spécifié | | SLD |
| FeCl(3) | 50 | 0,1 |
| Filtration | 0-99 | ND-32 000 |
| Flottation | 45-98 | 0,2-600 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Osmose inverse | 77-99 | SLD-1 |
| Sédimentation | 0-92 | SLD-51 |
| Boues activées | 52-99 | ND-500 |
| *Chrysène* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99 | ND-10 |
| polymère/non spécifié | 99 | ND |
| hydroxyde de sodium | 64 | SLD |
| Déshuilage | 9 | 10 |
| Sédimentation | 0 | 10-19 |
| *Fluoranthène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 88-95 | SLD-SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 98[b] | ND-SLD |
| polymère/non spécifié | 99 | ND |
| Filtration | 20-50 | 0,05-93 |
| Osmose inverse | 63-98 | SLD-7,4 |
| Sédimentation | 64-99 | ND-33 |
| Boues activées | 0 | 2 |
| *Fluorène* | | |
| Oxydation chimique (ozone) | 50 | 0,1 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99[b] | ND-SLD |
| hydroxyde de sodium | 88 | SLD |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Sédimentation | 40-99 | ND-23 |
| Boues activées | 99-99 | ND-ND |
| *Naphtalène* | | |
| Adsorption sur charbon actif | | |
| granulaire | 51 | 78 |
| pulvérulent | 96 | 10 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 97[b] | ND-SLD |
| hydroxyde de sodium | 77 | 1,0 |
| précipitants combinés | 33-70 | SLD-10 |
| Filtration | 86 | SLD-160 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| Flottation | 33-99 | ND-840 |
| Osmose inverse | 99[b] | SLD |
| Sédimentation | 41-99 | ND-23 |
| Boues activées | 0-99 | ND-260 |
| Étangs | | |
| aérés | 99 | ND |
| non aérés | 99 | ND |
| *Phénanthrène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 97-99 | SLD-SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 92-99 | SLD-SLD |
| Coagulation et floculation | | |
| Filtration | 67 | ND-32 000 |
| Flottation | 45-98 | 0,2-600 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Osmose inverse | 99[b] | SLD |
| Sédimentation | 0 | SLD-40 |
| Boues activées | 52-99 | ND-500 |
| *Pyrène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 95-98 | SLD-SLD |
| Oxydation chimique (ozone) | 67 | 0,1 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (polymère/non spécifié) | 99 | ND |
| Filtration | 0-10 | 0,09-3 200 |
| Flottation | 0 | 0,3-18 |
| Déshuilage | 99 | ND |
| Osmose inverse | 19-99[b] | SLD-3,9 |
| Sédimentation | 19-99 | ND-21 |
| Boues activées | 78 | 0,1-9 |
| *Aroclor 1016* | | |
| Filtration | 16 | 480 |
| Déshuilage | 98 | SLD-8 |
| *Aroclor 1221* | | |
| Filtration | 20 | 650 |
| Déshuilage | 97 | SLD-6 |
| *Aroclor 1232* | | |
| Filtration | 16 | 480 |
| Déshuilage | 98 | SLD-8 |
| *Aroclor 1242* | | |
| Filtration | 20 | 650 |
| Déshuilage | 97 | SLD-6 |
| *Aroclor 1248* | | |
| Filtration | 16 | 480 |
| Déshuilage | 98 | SLD-8 |
| *Aroclor 1254* | | |
| Filtration | 20 | 650 |
| Déshuilage | 97 | SLD-6 |
| *Aroclor 1260* | | |
| Filtration | 16 | 480 |
| Déshuilage | SLD-8 | 98 |
| *Chlorure de méthyle* | | |
| Sédimentation | 84 | SLD-39 |
| *Chlorure de méthylène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 0-99 | 1,8-940 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 33 | SLD-39 |
| alun | 94 | ND-1 300 |
| polymère-non spécifié | 93-93 | SLD-130 |
| FeCl(3) | 92 | 14 |
| hydroxyde de sodium | 90 | 1-90 |
| précipitants combinés | 13 | 900-9 800 |
| Coagulation et floculation | 56 | 70-100 |
| Filtration | 5-99 | ND-31 000 |
| Flottation | 0-84 | 2-6 000 |
| *Dichloro-1,2 éthane* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 21-99 | ND-760 000 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 99 | ND-90 |
| Distillation (vapeur) | 70-99 | 5,9-440 000 |
| Extraction par solvant | 99 | 20 000 |
| *Trichloro-1,1,1 éthane* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 99-99 | ND-1,9 |
| Oxydation chimique | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| alun | 55 | 10-170 |
| hydroxyde de sodium | 0-99 | ND-1 |
| Précipitation chimique avec filtration | 75 | 0,3-1,0 |
| Filtration | 86-99 | ND-4 400 |
| Flottation | 22-99 | ND-860 |
| Sédimentation | 19-96 | 2-2 500 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| Distillation (vapeur) | 9 | 42 000 |
| Boues activées | 99-99 | ND-3,3 |
| Étangs (aérés) | 96 | 22 |
| *Trichloro-1,1,2 éthane* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 99-99 | ND-ND |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| hydroxyde de sodium | 50 | 1,0 |
| précipitants combinés | 99 | ND-ND |
| Distillation (vapeur) | 98-99 | ND-200 |
| Extraction par solvant | 90 | 16 420 |
| *Tétrachloro-1,1,2,2 éthane* | | |
| Distillation (vapeur) | 99-99 | 100-78 000 |
| Extraction par solvant | 92 | 4 200 |
| Boues activées | 99 | ND-SLD |
| *Chlorure de vinyle* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 52 | 1 100-9 600 |
| *Dichloro-1,2 propène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 65-99 | ND-SLD |
| Précipitation chimique avec sédimentation (précipitants combinés) | | |
| Boues activées | 99-99 | ND-ND |
| *Dichloro-1,3 propane* | | |
| Boues activées | 99 | ND-0,89 |
| *Dichlorobromométhane* | | |
| Coagulation et floculation | 75 | SLD |
| Flottation | 99 | ND |
| Boues activées | 99 | ND-1,5 |
| *Chlorodibromométhane* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | 99 | ND |
| précipitants combinés | 99 | ND-ND |
| Sédimentation | 99 | ND-1 |
| *Trichlorofluorométhane* | | |
| Flottation | 99 | ND |
| Distillation (vapeur) | 24 | 34 000 |
| Boues activées | 96 | 1,7-89 |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Trichloroéthylène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 58-99 | SLD-5 |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| chaux | | |
| alun | 10-99 | 17 |
| précipitants combinés | 99 | ND-300 |
| Filtration | 0-99 | ND-2 000 |
| Flottation | 86 | 130 |
| Sédimentation | 21-93 | 33-3 000 |
| Distillation (vapeur) | 99-99 | ND-ND |
| Boues activées | 56-99 | ND-84 |
| *Dichloro-1,1 éthylène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 99 | ND-1,4 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 99 | ND-22 |
| Filtration | 52-57 | ND-130 |
| Sédimentation | 87 | 40-70 |
| *Trans dichloro-1,2 éthylène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 96-98 | 1,1-140 |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 27 | 5-190 |
| Sédimentation | 38-44 | 5-19 |
| Distillation (vapeur) | 9-99 | 15 000-1 300 000 |
| *Tétrachloroéthylène* | | |
| Adsorption sur charbon actif (granulaire) | 68 | SLD-32 |
| Oxydation chimique (ozone) | 99 | ND |
| Précipitation chimique avec sédimentation | | |
| alun | 99 | ND-700 |
| hydroxyde de sodium | 99 | ND |
| précipitants combinés | 95-99 | ND-7 |
| Filtration | 0-0 | ND-210 |
| Flottation | 0-99 | ND-1 000 |
| Déshuilage | 13-99 | ND-71 |
| Sédimentation | 21-99 | ND-3 000 |
| Distillation (vapeur) | 37-99 | ND-6 800 |
| Ultra-filtration | 93 | 200 |
| Boues activées | 55-99 | ND-40 |
| Étangs (aérés) | 99 | ND |
| *Alpha-endosulfan* | | |
| Déshuilage | 99 | ND |

| *Procédés de traitement* | *Pourcentage d'élimination* | *Concentration dans l'effluent (g/L)* |
|---|---|---|
| *Alpha-BHC* | | |
| Coagulation et floculation | 91 | SLD |
| Filtration | 77 | 1,9-6 |
| Déshuilage | 86 | ND-SLD |
| Ultra-filtration | 79[b] | SLD |
| *Beta-BHC* | | |
| Filtration | 21 | 55 |
| Ultra-filtration | 50[b] | SLD |
| Boues activées | 99 | ND |
| *Gamma-BHC* | | |
| Filtration | 64 | SLD |
| *4,4'-DDE* | | |
| Ultra-filtration | 64[b] | SLD |
| *4,4'-DDT* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 52 | 1 |
| Coagulation et floculation | 76 | SLD |
| *Endrin aldéhyde* | | |
| Déshuilage | 99 | ND |
| *Heptachlor* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (alun) | 29 | 1,0 |
| Coagulation et floculation | 64 | SLD |
| Boues activées | 75 | 1,6 |
| *Chlordane* | | |
| Filtration | 37 | 24 |
| *Acroléine* | | |
| Filtration | 99 | ND |
| *Isophorone* | | |
| Précipitation chimique avec sédimentation (chaux) | 6 | 560 |
| Flottation | 99 | ND |
| Sédimentation | 35-99 | ND-110 |
| Boues activées | | SLD-SLD |

*Nota* : SLD = sous la limite de détection; ND = non décelé

[a] Variation de la concentration dans l'effluent (Fibres/L)

[b] Valeur approximative